

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківська національна академія міського господарства

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

**“АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД
ЗАГАЛЬНОПРОМИСЛОВИХ МЕХАНІЗМІВ”**

(для студентів 4 курсу всіх форм навчання спеціальностей:

7.092201-“Електротехнічні системи та комплекси транспортних засобів”;

7.092203 –“Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”)

Харків - ХНАМГ – 2007

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів» (для студентів 4 курсу всіх форм навчання спеціальностей: 7.092201-“Електротехнічні системи та комплекси транспортних засобів”; 7.092203 – “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”). Укладачі: В.П. Андрійченко, Ю.С. Калініченко, В.М. Фатєєв - Харків : ХНАМГ – 2007. – 94 стор.

Укладачі: В.П. Андрійченко, Ю.С. Калініченко, В.М. Фатєєв

Рецензент: М.І. Шпіка

Рекомендовано кафедрою електротранспорту,
протокол № 1 від 27.08.2007 р

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Перед виконанням кожної з лабораторних робіт студенти повинні:

- 1) повторити теоретичний матеріал з даної теми, або прочитати самостійно по підручнику, якщо лекції по цій темі ще не проводились;
- 2) ознайомитись з програмою роботи та підготувати таблиці для відповідних дослідів.

Студенти, що прийшли на заняття непідготовленими або не склали звіт про попередню роботу, до виконання наступної роботи не допускаються.

Після закінчення роботи викладач перевіряє результати експериментів і робить відмітку в своєму журналі про виконання роботи.

У звіті про роботу приводяться:

- 1) найменування і мета роботи;
- 2) електричні схеми дослідів накреслені олівцем або приведені у формі ксерокопії;
- 3) таблиці з результатами експериментів та розрахунків;
- 4) графіки розміром не менше 100x150 мм.

Звіт оформлюється один на бригаду.

При виконанні лабораторних робіт студенти повинні дотримуватись наступних правил техніки безпеки:

1. Перед складенням схеми необхідно переконатись, що всі вимикачі живлення стенда вимкнені.
2. Вмикати вимикачі живлення можна після перевірки схеми викладачем і в його присутності.
3. В процесі виконання роботи не торкатися металевих неізовльованих частин схеми.
4. Не робити змін в схемі і не усувати будь – яких несправностей схеми при ввімкнених вимикачах живлення.
5. При появі будь-якої несправності в схемі, негайно вимкнути вимикач і сповістити про це викладача.
6. У випадку враження будь-кого електричним струмом негайно вимкнути всі вимикачі живлення і викликати викладача.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ВАНТАЖОТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Для технологічних установок циклічної дії загальним є характер технологічного процесу, що складається з ряду повторюваних однотипних циклів [1]. Кожний із циклів включає операцію завантаження робочого органу, переміщення його з вихідної точки в пункт призначення й розвантаження. Незважаючи на істотні конструктивні особливості різних установок циклічної дії, виконання названих операцій забезпечується однотипними за основним призначенням, принципом дії й виконуваними функціями механізмами: піднімальними й тяговими лебідками, механізмами пересування й повороту. У свою чергу ці механізми при будь-якому конструктивному виконанні пред'являють до системи електроприводу ряд загальних вимог. Найпоширенішим прикладом такої установки є мостовий кран. На рис. 1 наведена його конструктивна схема. Сталева конструкція моста крана 1 опирається на ходові візки й за допомогою механізму пересування 3 може переміщатися по підкранових коліях 2, закріплених над площею, яка обслуговується, на стаціонарних опорах. Уздовж моста крана прокладені рейки, по яких переміщується візок 4 із установленими на ньому механізмом пересування й піднімальною лебідкою, що здійснює підйом і спуск вантажів. Таким чином, основними механізмами мостового крана є: механізм пересування моста, механізм пересування лебідки й піднімальна лебідка. Кожний з основних механізмів оснащений індивідуальним електроприводом. Аналогічні основні механізми й електроприводи мають козлові крани, перевантажувальні мости, будівельні баштові крани й ін.

Піднімальні крани, як і інші технологічні установки циклічної дії, мають автоматизований робочий цикл, тобто всі складові циклу виконуються за командами оператора. У цьому випадку основною технологічною вимогою, що впливає на вибір системи електроприводу, є вимога до діапазону регулювання швидкості D , зумовленому відношенням робочої швидкості до мінімально

необхідної за умовами технології. Для механізмів підйому крана мінімальна швидкість визначається умовами м'якої установки вантажу в призначене місце, а для механізмів пересування й повороту - необхідністю точної зупинки. На низькій швидкості необхідна точність зупинки досягається при меншому числі повторних включень привода. Крім цього, з урахуванням масовості застосування й тяжких умов роботи, системи електроприводу технологічних установок циклічної дії повинні бути прості й надійні в експлуатації. Для більшості з них задовільна керованість механізмів забезпечується при діапазоні $D=2\ldots 3$. Тому найбільше поширення в системах таких електроприводів одержав асинхронний двигун з фазним ротором, швидкість якого регулюється перемиканням опорів у колі ротора.

При більш високих вимогах до діапазону регулювання швидкості й плавності перехідних процесів, застосовуються електроприводи із двигунами постійного струму. Регулювання швидкості двигунів здійснюється як перемиканням додаткових опорів у якірному колі, так і у системі «керований перетворювач - двигун».

Електропостачання приводів технологічних установок циклічної дії здійснюється напругою 380В змінного струму, 220В постійного струму. Поряд із цим, електроустаткування може виготовлятися й на інші напруги, але не вищі 440 й 500 В, постійного і змінного струму відповідно. Живлення електрообладнання робочих органів, що поступально переміщаються, виконується за допомогою ковзних струмознімачів від твердих контактних проводів - тролей, прокладених на ізоляторах уздовж шляхів переміщення установок. Для малопотужних установок (кран-балки, електроталі й т.п.), а також у випадках, коли наявність контактного струмопроводу неприпустима, наприклад, у вибухонебезпечних приміщеннях, застосовується струмопровід гнучким шланговим кабелем. Аналогічно здійснюється живлення установок, які працюють на відкритому повітрі. Для передачі електроенергії з опорної частини на рухому платформу використовують кільцеві струмоприймачі.

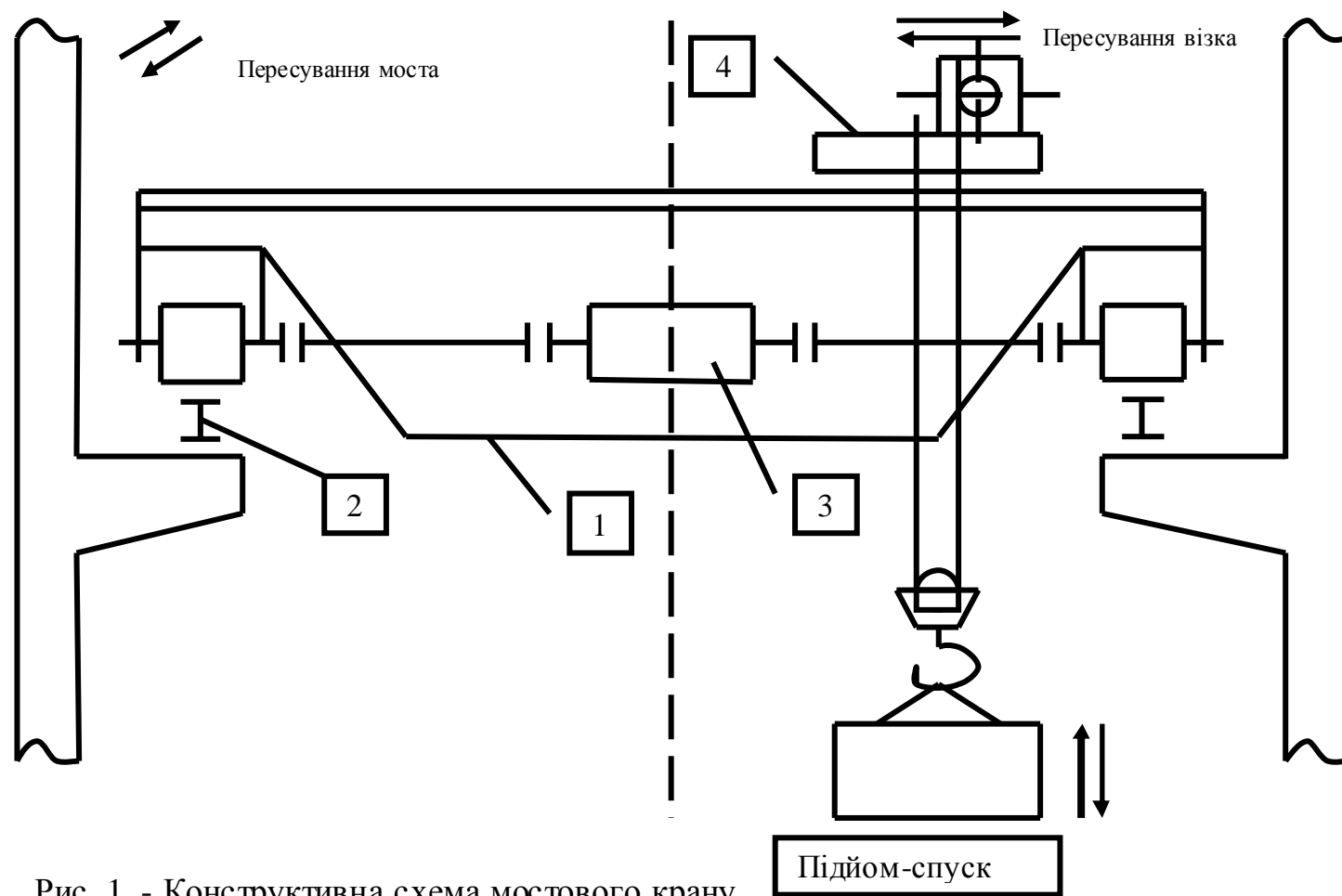


Рис. 1. - Конструктивна схема мостового крану

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО КРАНА.

МЕТА РОБОТИ – засвоїти принцип дії схеми керування та методи перевірки електромеханічних характеристик асинхронного електроприводу механізму підйому.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМИ КЕРУВАННЯ

Принципова схема електроприводу наведена на рис.1.1, який складається із двох стендів, на одному з яких досліджуються механічні характеристики й схема управління електроприводу механізму підйому, а на іншому - механічні характеристики й схема управління електроприводу переміщення крана.

Живлення електроприводів здійснюється через захисну кранову панель змінного струму ПЗКБ-250. Панель містить загальний для всіх електроприводів крана рубильник В1 і лінійний контактор КЛ, пакетний вимикач ПП1, дві основи для установки на кожній по чотири магнітних реле максимального струму. Це дозволяє реалізувати різні варіанти схем включення захисту. На рис. 1.1 наведений варіант, при якому котушки реле 1РМ...6РМ ввімкнені у дві фази кожного двигуна, а реле РМО є загальним. Якорі всіх реле можуть діяти на дві загальні скоби, що розмикають допоміжні контакти РМ1 і РМ2, які у свою чергу, відключають коло живлення котушки КЛ. Влаштування панелей ПЗКБ інших типів, а також можливі схеми включення котушок реле максимального струму наведені в [2, 3].

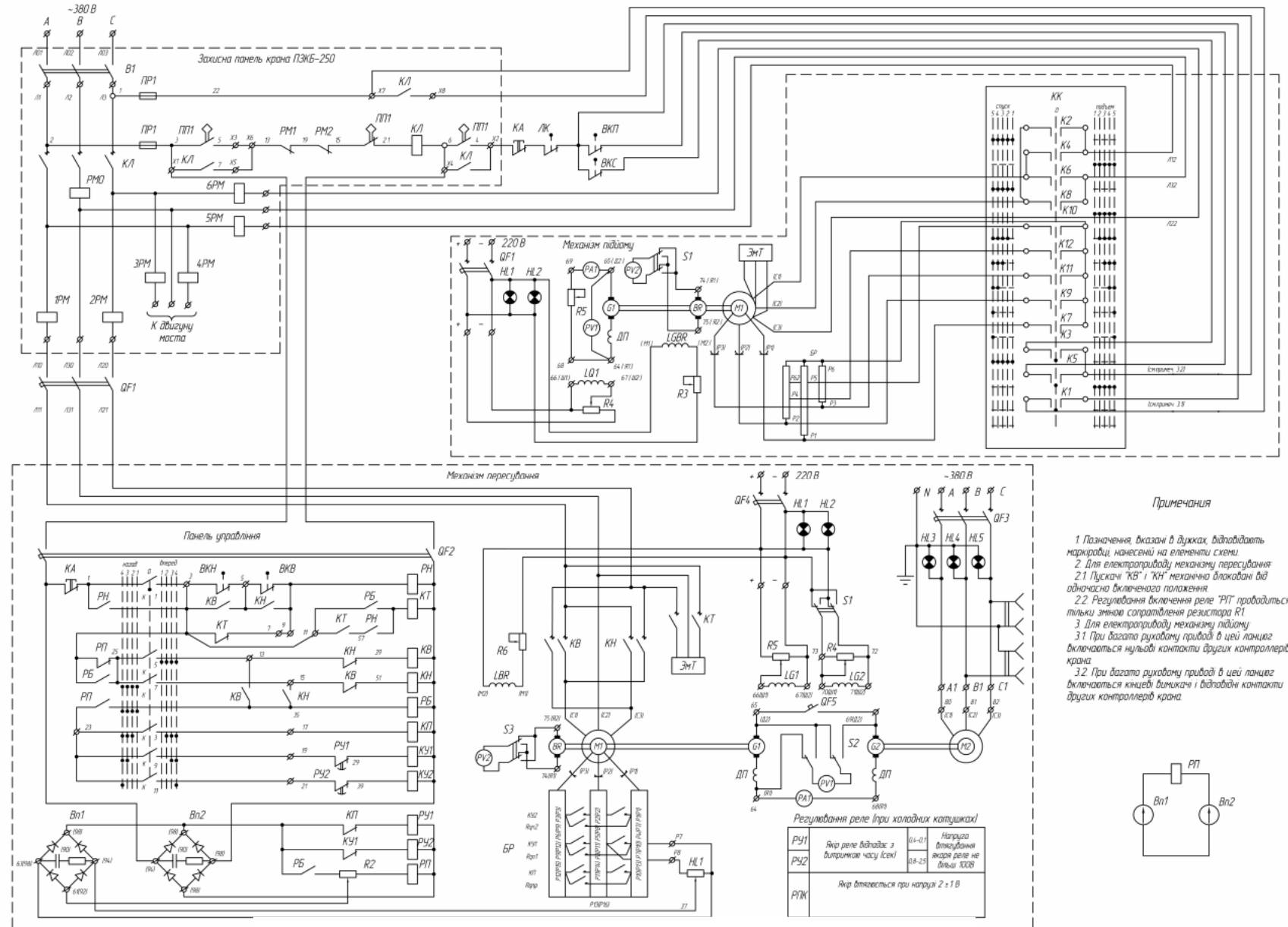


Рис.1.1 - Електрична принципова схема установки змінного

Пуск панелі виконується в такій послідовності: рукоятки контролерів електроприводів підйому й переміщення встановлюються в нульове положення; ключем з одним отвором вмикається рубильник В1; ключ із двома отворами уставляється в перемикач ПП1 і повертається проти годинникової стрілки до положення «включено», після чого ключ самоповерненням стає в положення «робота». У положенні «включено» замикаючі контакти ПП1 утворюють коло живлення котушки КЛ, і контактор КЛ, спрацьовуючи, через свої замикаючі контакти стає на саможивлення. До напруги мережі підключаються силові кола електроприводів підйому й пересування, а також кола управління механізму пересування. При цьому автоматичні вимикачі QF1 й QF2 забезпечують можливість досліджувати схеми електропривода незалежно друг від друга.

Керування крановим асинхронним двигуном М1 механізму підйому типу МІФ 012 здійснюється за допомогою силового контролера ККТ61А. Контакти контролера розраховані на перемикання силових кіл двигуна й замикаються або розмикаються в послідовності, обумовленою діаграмою замикання залежно від положення рукоятки контролера. Крім ККТ61А промисловістю випускаються кранові контролери постійного струму типу КВ100 і змінного струму типу ККТ60А [2, 3]. Потужність керованих силовими контролерами двигунів не перевищує 30 кВт.

Контролер ККТ61А має п'ять фіксованих робочих положень рукоятки для кожного напрямку руху й фіксоване нульове положення. Діаграма замикання контактів - симетрична. Контролер забезпечує ступінчастий спуск, ступінчасте регулювання швидкості, реверс і гальмування. До складу електроприводу також входить стандартний блок дрових резисторів БР типу БК-12.

Включення, відключення й зміна напрямку обертання двигуна здійснюється за допомогою контактів К2, К4, К6 і К8 контролера. При подачі напруги на виводи С1, С2, С3 статорної обмотки двигуна одночасно одержує живлення котушка гальма ЕМТ і гальмові колодки звільняють гальмовий шків. Перемикання опорів у роторному колі, необхідне для пуску двигуна й

регулювання швидкості, виконується контактами К7, К9...К12. Контакти К1, К3, К5 використовуються для забезпечення нульового й кінцевого захистів.

Перемикання опорів у роторному колі виконуються по черзі в різних фазах ротора, тому що для одночасного перемикання потрібні додаткові силові контакти й, відповідно, збільшені габарити контролера. Виникаюча при несиметричному перемиканні опорів асиметрія струму в роторі невелика й істотно не впливає на форму реостатних механічних характеристик електроприводу. Типові механічні характеристики електропривода підйому з контролером КТ61А наведені на рис. 1.2.

Розглянемо роботу схеми. У нульовому положенні рукоятки контролера розімкнуті контакти К 2, К 4, К 6 і К 7...К 12. Не одержують живлення статорні обмотки М1 і котушка електромагнітного гальма ЕмТ. Тому гальмові колодки механічного гальма втримують гальмовий шків.

При переводі рукоятки контролера в перше положення в напрямку «Підйом» замикаються й залишаються замкнутими в інших положеннях рукоятки контакти К4, К8 контролера. Одержують живлення статорні обмотки М1 і котушка гальма ЕмТ. Гальмові колодки звільняють гальмовий шків. Оскільки контакти К7, К9...К12 контролера залишаються розімкнутими, до роторної обмотки М1 підключені повний опір і двигун починає розгін по характеристиці 1 у першому квадранті.

При переводі рукоятки в друге положення замикається контакт К10 контролера й шунтує резистор R5-R6, включений у фазі Р1 обмотки ротора. Двигун переходить на характеристику 2.

При переводі рукоятки в третє положення замикається контакт К12 контролера й шунтує резистор R6- R4, включений у фазі Р2 обмотки ротора. Двигун переходить на характеристику 3.

При переводі рукоятки в четверте положення замикається контакт К11 контролера й шунтує резистор R6- R3, включений у фазі Р3 обмотки ротора. Двигун переходить на природну характеристику 4.

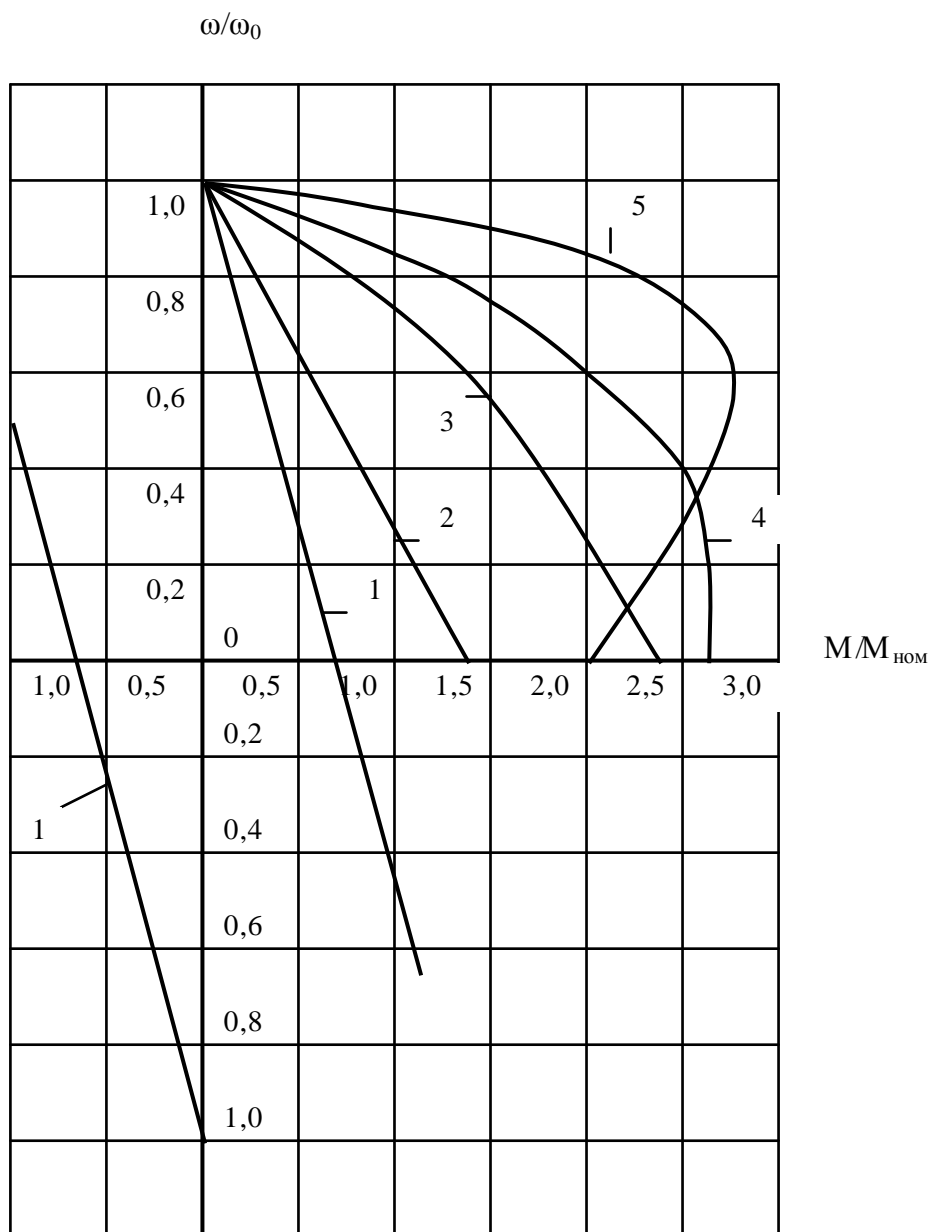


Рис. 1.2. - Типові механічні характеристики двигуна, керованого силовим контролером ККТ 61А

При переводі рукоятки в п'яте положення замикаються контакти K7, K9 контролера й шунтують резистори R4- R1 і R5- R2, включені у фази P1, P2 обмотки ротора. Двигун переходить на природну характеристику 5.

При переводі рукоятки контролера з будь-якого положення в напрямку підйому в перше положення в напрямку спуска розмикаються контакти K4, K8 і замикаються K6, K2. Змінюється порядок чергування фаз напруги, що прикладена до виводів C1, C2, C3 статорної обмотки M1. Оскільки контакти K7, K9...K12 розімкнуті, двигун переходить у режим гальмування противмиканням на характеристику 1, що починається в третьому квадранті.

При роботі на підйом у першому квадранті знижена швидкість обертання двигуна може бути отримана на штучних характеристиках тільки при досить великих моментах опору. Тому знижені швидкості при малих навантаженнях отримують у результаті перемикання рукоятки контролера з однієї з позицій підйому в нульове положення, тобто періодичним накладанням механічного гальма.

При роботі електропривода на спуск можливі два режими роботи двигуна. У першому випадку при опусканні порожнього гака або невеликого вантажу створюваний активний момент опору не перевищує величини реактивного моменту опору, створюваного силами тертя в механічній частині електроприводу. Двигун працює в третьому квадранті в режимі двигуна. Перехід двигуна на штучні характеристики не дає зниження швидкості. У другому випадку, коли вантаж досить великий й активний момент опору здатний перебороти статичний опір механічної частини, двигун переходить у режим рекуперативного гальмування (четвертий квадрант) і збільшення опору колі ротора веде до збільшення швидкості спуска. Знижена швидкість при спуску, як і при підйомі, забезпечується шляхом перемикання рукоятки контролера з однієї з позицій спуску в нульове положення, тобто періодичним накладанням механічного гальма. Збільшення вимог до точності зупинки й плавності посадки вантажу приводить до істотного зростання частоти

перемикачів, підвищує зношування апаратури і гальм, знижує надійність керування.

Правила безпеки пред'являють до схем електроприводу всіх механізмів крана ряд обов'язкових вимог: автоматичне відключення напруги при відкриванні люка кабіни оператора; можливість швидкої аварійної зупинки механізму; автоматичне обмеження шляху переміщення механізмів (кінцевий захист); забезпечення максимального-струмового й нульового захистів.

У розглянутій схемі дві перших вимоги виконуються в результаті включення в коло живлення котушки КЛ блокувального контакту люка кабіни ЛК і контакту кнопки аварійної зупинки КА. При розмиканні названих контактів котушка КЛ втрачає живлення й КЛ відключається. Статорні обмотки М1 відключаються від мережі. Втрачає живлення котушка ЕМТ, і гальмові колодки фіксують гальмовий шків.

Максимальний-струмовий захист забезпечується захисною панеллю ПЗБК-250.

Для нульового захисту використовується контакт К1 контролера, який замкнутий тільки в нульовому положенні рукоятки. Через цей контакт і замкнуті контакти ПП1, РМ1, РМ2, ЛК, КА одержує живлення котушка КЛ. При спрацьовуванні КЛ його замикаючий контакт шунтує К1, і КЛ стає на саможивлення. Якщо під час роботи механізму на кожній з характеристик напруга мережі зникне або надмірно знизиться, то КЛ відключається, і механізм автоматично загальмовується механічним гальмом. При відновленні напруги котушка КЛ може одержати живлення тільки при нульовому положенні рукоятки контролера. Це дає можливість операторові оцінити виниклу ситуацію, а потім продовжити виконання перерваної операції. Автоматичне обмеження шляху переміщення вантажу (кінцевий захист) забезпечується за допомогою кінцевих вимикачів підйому ВКП і спуску ВКС і контактів К3, К5 контролера. Припустимо, що М1 працює в напрямку підйому. Після спрацьовування КЛ його котушка одержує живлення через контакт КЛ, контакт ВКП і контакт К5 контролера. При виході вантажу із зони безпечного

підйому розмикається контакт ВКП, втрачає живлення котушка КЛ й контактор КЛ відключається. Котушка ЕМТ також втрачає живлення, і гальмові колодки фіксують гальмовий шків. Після установки рукоятки контролера в нульове положення ключ із двома отворами знову переводиться в положення «включено». Спрацьовує КЛ і стає на саможивлення. Тому що контакт кінцевого вимикача ВКС замкнутий, те при переводі рукоятки з нульового в перше положення на спуск котушка КЛ буде одержувати живлення через контакт КЗ, двигун М1 включиться й вантаж буде виведений з небезпечної зони.

При спрацьовуванні ВКС схема працює аналогічно.

Дослідження механічних характеристик двигуна М1 здійснюється за допомогою навантажувального агрегату, до складу якого входять генератор постійного струму незалежного збудження G1 і реостат R5. Генератор G1 приводиться в обертання двигуном М1. При зменшенні опору R5 збільшується струм у якорному колі G1 й, отже, збільшується навантаження М1. Величина напруги генератора регулюється за допомогою повзункового реостата R4 і контролюється вольтметром Р1. Швидкість обертання М1 вимірюється вольтметром РV2, підключеним до якоря тахогенератора ВR. Резистором R3 установлюється номінальне значення струму в обмотці збудження ВR.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1. У процесі підготовки до проведення лабораторної роботи необхідно вивчити принципову електричну схему установки. З її допомогою проаналізувати всі режими роботи М1 (робочі й гальмові) і одержувані при цьому механічні характеристики, принципи дії застосовуваних у схемі захистів, а також склад і принцип дії навантажувального агрегату.
2. На початку лабораторної роботи з'ясувати розташування основних елементів системи електропривода.

3. Зібрати вимірювальну частину схеми, що включає в себе автоматичний вимикач QF1, вольтметри PV1 й PV2, амперметр PA1, повзунковий реостат R4 і клемну дошку, на якій установлена кнопка аварійної зупинки КА механізму, блокувальний контакт люка кабіни ЛК і кінцеві вимикачі ВКП, ВКС. Рукоятка QF1 повинна перебувати в положенні «0».
4. Запустити досліджуваний двигун M1. Для чого рукоятку контролера поставити в нульове положення. Ключем з одним отвором замкнути рубильник В1 захисній панелі, а потім ключем із двома отворами включити лінійний контактор КЛ. Перевести рукоятку контролера в перше положення заданого напрямку. Вести в якірне коло G1 опір R5. Включити QF1, і за допомогою R4 за показниками PV1 установити максимально можливу напругу G1.
5. Зняти механічну характеристику M1 в першому положенні рукоятки контролера. Для цього за допомогою R5 збільшувати навантаження M1, фіксуючи через кожні 2-3 А показання PA1, PV1 й PV2. Струм у якірному колі G1 збільшувати до 25 А. По закінченні дослідів зняти навантаження з M1, повернувши рукоятку R5 у вихідне положення.
6. Зняти механічні характеристики M1 на інших положеннях рукоятки контролера. По закінченні кожного дослідів рукоятку R5 повертати у вихідне положення. Після зняття останньої характеристики розімкнути QF1.
7. Перевірити роботу нульового й кінцевого захистів схеми. Для перевірки нульового захисту при роботі M1 на першому положенні контролера ключем з одним отвором розімкнути, а потім замкнути рубильник В1 захисній панелі.

Для перевірки кінцевого захисту при роботі M1 на першому положенні контролера в напрямку «підйом» розімкнути контакт ВКП. Переконавшись в тому, що схема забезпечує можливість виведення вантажу з небезпечної зони підйому. Дія кінцевої зони захисту при роботі M1 у напрямку спуска перевіряється аналогічно.

ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

На підставі отриманих експериментальних даних розрахувати значення моменту M_{Mi} , який розвиває M1 у кожній i -ій досліджуваній точці. Якщо знехтувати втратами на обертання генератора G1, то величина M_{Mi} може бути прийнятою рівною величині електромагнітного моменту M_{Gi} генератора G1.

Електромагнітний момент M_{Gi} визначається із співвідношення:

$$M_{Gi} = \frac{P_i}{n_i}, \text{ Нм}$$

де P_i – електрична потужність, яку створює G1 в i -ій точці, кВт; n_i – швидкість G1 в i -ій досліджуваній точці, об.хв.

У свою чергу електрична потужність P_i визначається як

$$P_i = \frac{U_i I_i^2 + I_i R_{\text{я}}}{1000}, \text{ кВт},$$

де U_i - напруга на якорі G1 в i -ій точці, В; I_i – струм якоря в i -ій точці, А; $R_{\text{я}}$ – активний опір обмотки якоря C1, Ом; $R_{\text{я}}=0.9$ Ом.

За результатами розрахунку побудувати механічні характеристики M1 у чотирьох квадрантах.

Для механізму підйому намалювати схему включення резисторів в обмотці ротора в кожному з положень рукоятки контролера.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1. Пояснити влаштування і принцип дії асинхронного двигуна з фазним ротором.*
- 2. Пояснити роботу схеми при різних положеннях рукоятки контролера.*
- 3. Який вплив на механічну характеристику чинить несиметричне включення додаткових резисторів у колі ротора МІ?*
- 4. Які гальмові режими можуть використовуватися в електроприводі при підйомі й опусканні вантажу?*
- 5. Пояснити роботу схеми при гальмуванні МІ.*
- 6. Пояснити принципи дії захистів, які застосовуються в електроприводі механізму підйому.*
- 7. У чому перевага й недоліки кранових електроприводів із силовими контролерами?*
- 8. Пояснити влаштування, принцип дії й графічне позначення на електричних принципових схемах силового контролера.*
- 9. Пояснити принцип дії навантажувального агрегату лабораторної установки.*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО КРАНА.

МЕТА РОБОТИ – засвоїти принцип дії схеми керування та методи перевірки електромеханічних характеристик асинхронного електроприводу механізму пересування.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМИ КЕРУВАННЯ

При інтенсивних режимах роботи й значній потужності двигунів від керування за допомогою силових контролерів, незважаючи на його простоту, доводиться відмовлятися. На початкових етапах розвитку електроприводів силові контакти контролера замінювалися силовими контактами контакторів, включення й відключення яких у необхідній послідовності виконувалося за допомогою контактів командоконтролера. Механічні характеристики двигуна й схеми керування в цьому випадку принципово не змінювалися. Тому такі пристрої одержали назву магнітних контролерів. Надалі введення в схему керування додаткових електричних апаратів дозволило реалізувати різні автоматичні блокування, автоматизувати процеси пуску й гальмування, одержувати різні штучні характеристики. У даний час для кранових електроприводів магнітні контролери випускаються у вигляді типових панелей. Їхнє влаштування і характеристики описані в [2,3].

Для керування крановим асинхронним двигуном М1 механізму пересування типу МТ012 використається магнітний контролер ТА63. Він має симетричну схему, тобто забезпечує однакові механічні характеристики М1, автоматичний пуск і гальмування, реостатне регулювання швидкості при русі крана в обох напрямках. Схема контролера побудована на підставі типових схем керування двигунами змінного струму, які вивчаються у курсі «Автоматизований електропривод» й описаних в [4,5].

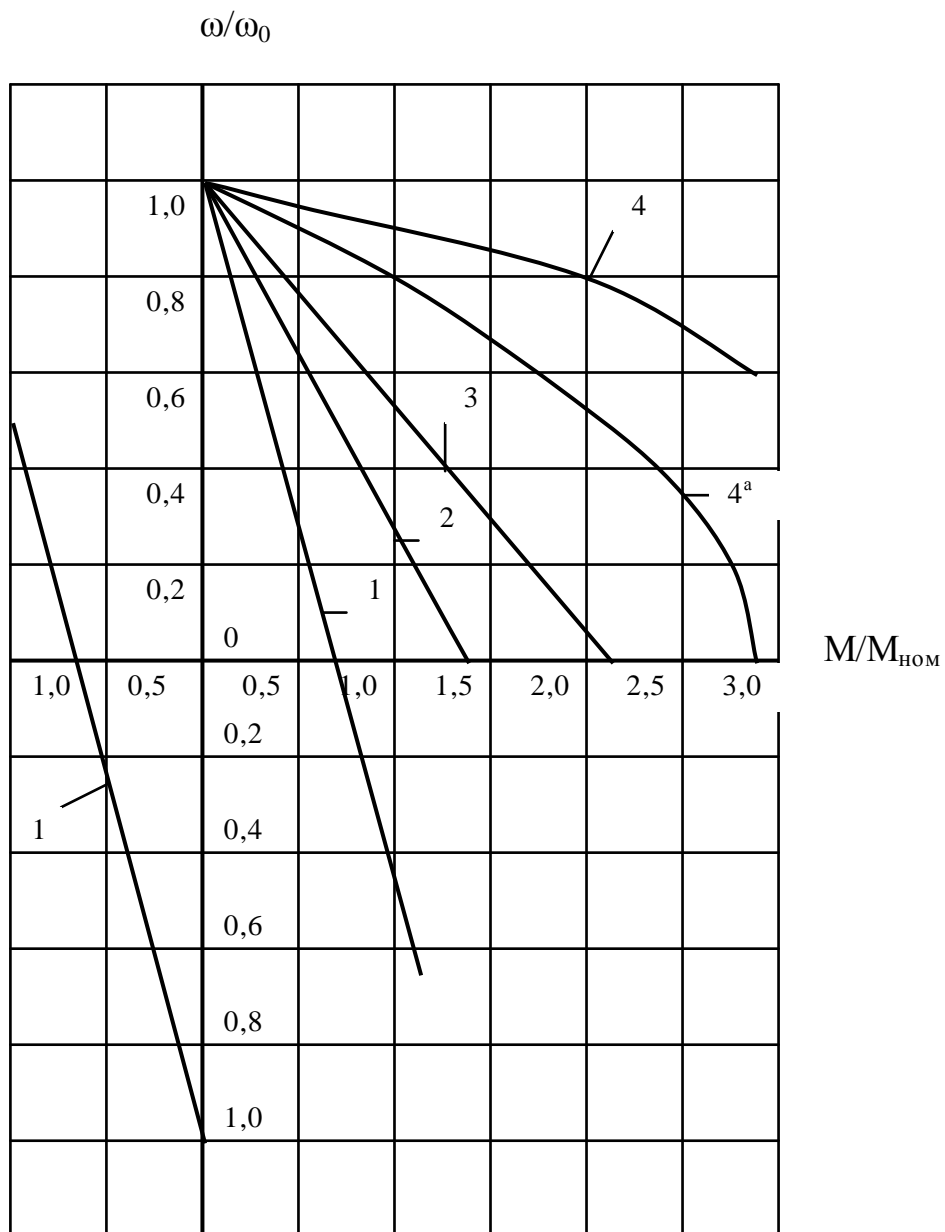


Рис.2.1. - Типові механічні характеристики двигуна, керованого магнітним контролером ТА 63

Керування магнітним контролером здійснюється за допомогою командоконтролера КК типу КП-1226, що має по чотири фіксованих положення в кожному напрямку руху й нульове положення. У кожному з робочих положень КК до обмотки ротора підключені додаткові резистори. Для цього використовуються стандартні блоки дровових резисторів БР типу БК-12. Типові механічні характеристики електроприводу механізму пересування з магнітним контролером ТА-63 наведені на рис. 2.1.

Для механічного гальмування вала М1 застосовується електромеханічне гальмо ЕмТ типу ТЭ-16.

Розглянемо роботу схеми (див. рис.1.1.). Припустимо, що рукоятка командоконтролера КК перебуває в нульовому положенні. Включений лінійний контактор КЛ, розташований у захисній крановій панелі. При вмиканні автоматичних вимикачів QF1 й QF2 до напруги мережі приєднуються головні кола й кола управління електроприводу механізму пересування.

При подачі напруги на кола керування спрацьовують реле прискорення РУ1 і РУ2. Їхні котушки включені на випрямлену напругу випрямляча ВП2, а контакти контакторів противмикання КП і прискорення КУ1 у колі котушок замкнуті. Розмикаючі контакти РУ1 і РУ2 розривають коло живлення котушок контакторів КУ1 і КУ2. У нульовому положенні рукоятки замкнутий контакт К1 командоконтролера. Через кнопку аварійного відключення електроприводу механізму пересування КА й замкнуті контакти кінцевих вимикачів, що обмежують безпечну зону пересування крана в напрямку «уперед» ВКВ й «назад» ВКН, одержить живлення котушка реле нульового захисту РН. Реле РН спрацьовує й своїм замикаючим контактом, шунтує К1, внаслідок чого стає на саможивлення. Другий замикаючий контакт РН підготовляє коло включення гальмового контактора КТ. При переводі рукоятки командоконтролера в перше положення «уперед» замикається й залишається включеним в інших положеннях рукоятки контакт К5. Через замкнутий контакт реле противмикання РП і контакт контактора «назад» КН одержує живлення котушка контактора «уперед» КВ. Контактор КВ спрацьовує й своїми

головними контактами підключає виводи С1, С2, С3 статорних обмоток двигуна М1 до мережі. Розмикаючий контакт КВ розриває коло живлення котушки КН, тим самим виключає можливість одночасного включення контакторів КВ і КН. Один із замикаючих контактів КВ включає блокувальне реле РБ, а інший шунтує контакт ВКН. Реле РБ своїм замикаючим контактом створює коло живлення котушки контактора КТ. Контактор КТ включається й своїми головними контактами подає живлення на котушку електромагнітного гальма ЄмТ. Останнє спрацьовує, і гальмові колодки звільняють гальмовий шків. Замикаючий контакт КТ ставить котушку КТ на саможивлення через замикаючий контакт РН.

Включення КТ через проміжне реле РБ забезпечує зняття механічного гальма після закінчення деякого проміжку часу після включення КВ. Його тривалість дорівнює сумі часів спрацьовування РБ, КТ і ТМ. За цей час М1 устигає розвинути момент, достатній для ефективного електричного гальмування. Другий замикаючий контакт РБ створює коло живлення котушки РП. Котушка реле противмикання РП включена на різницю випрямлених напруг: постійного по величині з боку випрямляча Вп2 і змінного по величині - з боку Вп1. Останній здійснює випрямлення змінної напруги, що наводиться в обмотці ротора й залежить від величини ковзання ротора. При ковзанні ротора від 1 до номінального при пуску й від 1.3 до 1 у режимі противмикання різниці цих напруг перевищує величину напруги спрацьовування реле РП. Тому реле РП у розглянутому випадку спрацьовує. Його розмикальний контакт у колі котушки КВ розмикається, однак котушка КВ продовжує одержувати живлення, тому що названий контакт РП шунтований контактом РБ, який замкнувся.

Замикаючий контакт РП підготовляє коло включення контакторів КП, КУ1, КУ2. Оскільки в першому положенні рукоятки командоконтролера вони не включені, то в коло ротора М1 уведений повний опір. Двигун М1 працює при цьому на характеристиці 1, що є характеристикою противмикання. З рис. 2.1 видно, що коли момент опору не перевищує $0.5M_n$ двигуна, то кран почне переміщатися в напрямку «уперед».

При переводі рукоятки командоконтролера в друге положення замикається й залишається замкнутим в інших положеннях рукоятки контакт КЗ. Одержує живлення котушка контактора КП. Контактор КП спрацьовує й своїми головними контактами шунтує у колі ротора резистор противмикання $R_{д.пр}$. Двигун М1 переходить на характеристику 2, швидкість його збільшується. Розмикальний контакт КП розриває коло живлення котушки РУ1 і воно починає відлік витримки часу. По закінченні відліку часу контакт РУ1 у колі котушки контактора КУ1 замикається.

Якщо необхідно підвищити швидкість руху крана, то рукоятка командоконтролера переводиться в третє положення. Замикається контакт К9 та спрацьовує контактор КУ1. Своїми головними контактами КУ1 шунтує перший ступінь пускового реостата $R_{дп1}$. Двигун переходить на характеристику 3. Швидкість його обертання збільшується. Розмикальний контакт КУ1 розриває коло живлення котушки РУ2 і воно, у свою чергу, починає відлік витримки часу. Після закінченні відліку часу контакт РУ2 у колі котушки контактора КУ2 замикається.

Перевід рукоятки командоконтролера в четверте положення замкне контакт К11 і контактор КУ2 спрацює. Своїми головними контактами він зашунтує другий ступінь пускового реостата $R_{дп2}$, і двигун М1 перейде на характеристику 4. У колі ротора залишається не виключений ступінь резисторів. Це забезпечує збільшений стосовно природної характеристики нахил характеристики 4 і тому, більш плавний процес пуску.

При переводі рукоятки командоконтролера з нульового в четверте положення одночасно замикаються контакти К5, КЗ, К9, К11

командоконтролера й розглянуті операції здійснюються автоматично у функції часу. При цьому час роботи М1 на характеристиці 1 визначається сумою часів спрацьовування РБ, РП і КП, а подальший розгін здійснюється під контролем реле прискорення РУ1 і РУ2.

Розглянута схема забезпечує вільний вибіг крана, тому що в нульовому положенні рукоятки КК котушка гальмового контактора КТ одержує живлення, електромагніт гальма перебуває у включеному стані й гальмові колодки не втримують гальмовий шків. Механічне гальмо вступає в дію тільки при спрацьовуванні нульового або кінцевого захисту, а також при натисканні на кнопку аварійної зупинки КА. Для зупинки крана в схемі з вільним вибігом необхідно перевести рукоятку командоконтролера в положення, що відповідає протилежному напрямку руху. У розглянутому випадку з положення «уперед» в положення «назад». При переході рукоятки через нульове положення втрачають живлення котушки й відключаються контактори КВ, КП, КУ1, КУ2, реле РП і РБ. У роторні кола М1 уводиться повний опір.

У кожному з положень «назад» через замкнутий контакт РП одержує живлення котушка контактора КН. Контактор КН включається й своїми головними контактами підключає статорні обмотки до напруги мережі зі зворотним чергуванням фаз. Двигун М1 переходить у режим гальмування противмиканням на характеристиці 1, що починається в третьому квадранті.

Замикаючий контакт КН забезпечує живлення котушки РБ і реле РБ спрацьовує. Своїм контактом РБ замикає коло живлення котушки РП. Однак РП не спрацьовує, тому що напруга на його котушці дорівнює нулю. Це пояснюється тим, що ковзання ротора в початковий момент гальмування дорівнює 2, в обмотці ротора наводиться більша електрорушійна сила (ЕРС) і тому напруга з боку Вп1 компенсує напругу з боку Вп2. Контакт РП розімкнутий, не одержують живлення котушки КП, КУ1, КУ2, і незалежно від положення рукоятки командоконтролера в роторне коло М1 уведений повний опір, тобто зібрана схема для першого положення командоконтролера.

У процесі гальмування ковзання ротора знижується, зменшується ЕРС, що наводиться у його обмотках, і збільшується напруга на котушці РП. При величині ковзання 1.3 реле РП спрацьовує й замикає свій контакт, що забезпечує живлення котушок КП, КУ1, КУ2. Якщо рукоятка командоконтролера перебуває в першому положенні «назад», то двигун після повної зупинки почне розганятися в напрямку «назад» по характеристиці 1. У будь-якому іншому випадку при спрацьовуванні РП одержить живлення котушка КП, контактор КП спрацює і своїми головними контактами зашунтує $R_{д.пр}$. Двигун М1 перейде на характеристику 2, швидкість його знизиться до нуля, а потім почнеться автоматичний пуск М1 у напрямку «назад». Характеристика, на якій М1 буде працювати в сталому режимі, визначається положенням рукоятки контролера.

Включення в коло живлення котушки РП контакту проміжного реле РБ підвищує стабільність роботи РП. Це забезпечується створенням тимчасового інтервалу, рівного часу спрацьовування РБ, між моментом переходу М1 у режим гальмування противмиканням (спрацьовує КН) і тим моментом, коли реле РП починає контролювати режим гальмування (замикається контакт РБ у колі котушки РП). За цей час ЕРС ротора зростає до максимальної величини й реле РП не включається.

Як ми вже відзначали, у схемі магнітного контролера ТА-63 передбачений нульовий і кінцевий захист.

Нульовий захист забезпечує відключення М1 при зникненні або надмірному зниженні напруги мережі й виключає мимовільний запуск двигуна після відновлення напруги. Він здійснюється за допомогою реле напруги РН, котушка якого одержує живлення тільки в нульовому положенні командоконтролера (замкнутий контакт К1). Реле РН включається й через свій замикаючий контакт, який шунтує контакт К1, стає на саможивлення. Якщо під час руху крана зникає або надмірно знижується напруга мережі, реле РН відключається. Його контакти розмикаються й тому втрачають живлення котушки всіх контакторів. Контактори відключаються. Спрацьовує механічне

гальмо. Після відновлення напруги реле РН включається тільки після установки рукоятки командоконтролера в нульове положення.

Кінцевий захист забезпечується включенням у коло живлення котушки РН розмикальних контактів кінцевих вимикачів ВКВ і ВКН. При вході крана в зону дії кінцевого захисту розмикається контакт кінцевого вимикача, втрачає живлення котушка й відключається реле РН. Відключаються всі контактори схеми, і електропривод загальмовується механічним гальмом. Для виходу із зони дії кінцевого захисту передбачена можливість руху в протилежному напрямку. Вона забезпечується тим, що контакти ВКВ і ВКН шунтуються контактами контакторів КН і КВ відповідно. Припустимо, що при русі в напрямку «уперед» був розімкнутий контакт ВКВ і спрацювало механічне гальмо. При переводі рукоятки командоконтролера в нульове положення через замкнутий контакт КТ одержує живлення котушка й спрацьовує реле РН. При переводі рукоятки командоконтролера в перше положення «назад» одержує живлення котушка й спрацьовує контактор КН. Своїм замикаючим контактом КН шунтує ВКВ. Тому після спрацьовування КТ і зняття механічного гальма котушка РН продовжує одержувати живлення. Кран переміщається в напрямку «назад» і виходить із зони дії ВКВ.

Дослідження механічних характеристик двигуна М1 здійснюється за допомогою навантажувального агрегату, до складу якого входять: генератори постійного струму незалежного збудження G1, G2 й асинхронний короткозамкнений двигун М2. Генератор G1 приводиться в обертання двигуном М1, а генератор G2 - двигуном М2. Величина струму в обмотках збудження LG1 й LG2 генераторів, а отже, і величина їх ЕРС регулюється, відповідно, за допомогою повзункових реостатів R5 й R4. Крім того, за допомогою перемикача S1 можна змінювати полярність напруги, що прикладається до LG2, і в такий спосіб змінювати напрямок ЕРС генератора. При працюючих М1, М2, розімкнутому автоматичному вимикачі QF5, у положенні «1» перемикача S2 показання вольтметра PV1 визначаються алгебраїчною сумою електрорушійних сил генераторів G1 й G2. За допомогою

перемикача S1 і резистора R4 можна встановити величину ЕРС G2 рівною ЕРС G1, але включеною відносно неї зустрічно. Алгебраїчна сума ЕРС G1 й G2 у цьому випадку виявиться рівною нулю, і вольтметр PV1 буде давати нульові показання. При замиканні QF5 якорі G1 й G2 утворюють загальне коло, величина струму в якому дорівнює нулю. Якщо тепер за допомогою R4 зменшувати струм в обмотці збудження G2, то його ЕРС стає меншою ЕРС G1, і G2 відносно G1 починає працювати в режимі двигуна. Генератор G1 відносно G2 працює в генераторному режимі, і тим самим створює навантаження для M1. Величина навантаження буде тим більшою, чим більшою буде різниця між величинами ЕРС G1 й G2. Струм у якорному колі генераторів контролюється амперметром PA1, напруга на якорі G1 - вольтметром PV1 у положенні «II» перемикача S2, і швидкість обертання M1 - вольтметром PV2, підключеним до якоря тахогенератора BR. Резистором R6 встановлюється номінальне значення струму в обмотці збудження BR.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1. Зібрати вимірювальну частину схеми, що включає в себе автоматичні вимикачі QF1...QF5, вольтметри PV1 й PV2, амперметр PA1, повзункові реостати R4, R5 і клемну дошку, на якій встановлена кнопка аварійної зупинки КА механізму, кінцеві вимикачі ВКВ, ВКН і перемикач S1. Рукоятки автоматичних вимикачів повинні перебувати в положенні «0».
2. Запустити досліджуваний двигун M1. Для чого рукоятку командоконтролера поставити в нульове положення. Ключем з одним отвором замкнути рубильник В1 захисній панелі, а потім ключем із двома отворами включити лінійний контактор КЛ. Рукоятки QF1 й QF2 перевести в положення «I». Перевести рукоятку КК у перше положення заданого напрямку.
3. Запустити навантажувальний агрегат. Для чого необхідно переконатися в тому, що **РУКОЯТКА QF5 ПЕРЕБУВАЄ В ПОЛОЖЕННІ «0»**, потім

включити QF3 й QF4. Після того, як M2 досягне сталої швидкості обертання, за допомогою R4 у положенні «I» перемикача S2 домогтися нульових показань PV1. Якщо це не вдається, перевести S1 в інше положення. **ТІЛЬКИ ПРИ НУЛЬОВИХ ПОКАЗАННЯХ PV1 ВКЛЮЧИТИ QF5.**

4. Зняти механічну характеристику M1 в першому положенні рукоятки КК. Для цього за допомогою R4 збільшувати навантаження M1, фіксуючи через кожні 2-3 А показання PA1, PV2 і показання PV1 у положенні «II» перемикача S2. Струм у якірному колі M1 збільшувати до 25 А. Якщо повзунок R4 виявиться в крайнім положенні при менших показаннях PA1, необхідно перевести S1 в інше положення. По закінченні досліду перевести S1 і повзунок R4 у початковий стан і зняти навантаження з M1. **РОЗІМКНУТИ QF5.**

5. Зняти механічні характеристики M1 на інших положеннях рукоятки КК. Досліди проводяться аналогічно описаному в п.4.4.4. Наприкінці кожного досліду **РОЗМИКАТИ QF5.** На початку наступного досліду **ЗАМИКАТИ QF5 ТІЛЬКИ ПРИ НУЛЬОВИХ ПОКАЗАННЯХ PV1.**

6. Переконавшись, що магнітний контролер забезпечує плавне наростання швидкості M1 при автоматичному пуску. Для цього рукоятку КК із нульового положення перевести в четверте й за допомогою електронного осцилографа зняти залежність, що характеризує зміну в часі швидкості M1. На вхід осцилографа подавати напругу з виходу BR.
7. Перевірити роботу нульового й кінцевого захистів схеми. Для перевірки нульового захисту при роботі M1 на першому положенні КК ключем із двома отворами відключити, а потім включити КЛ.

Для перевірки дії кінцевого захисту при роботі M1 на першому положенні КК у напрямку «уперед» розімкнути ВКВ. Переконавшись в тім, що після розмикання ВКВ схема забезпечує можливість виведення крана із зони дії кінцевого захисту.

Аналогічно перевіряється дія кінцевого захисту при роботі М1 у напрямку «назад».

ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

На підставі отриманих експериментальних даних розрахувати значення моменту M_{Mi} , який розвиває М1 у кожній i -ій досліджуваній точці. Якщо знехтувати втратами на обертання генератора G1, то величина M_{Mi} може бути прийнятою рівною величині електромагнітного моменту M_{Gi} генератора G1.

Електромагнітний момент M_{Gi} визначається із співвідношення:

$$M_{Gi} = \frac{P_i}{n_i}, \text{ Нм}$$

де P_i – електрична потужність, яку створює G1 в i -ій точці, кВт; n_i – швидкість G1 в i -ій досліджуваній точці, об.хв.

У свою чергу електрична потужність P_i визначається як

$$P_i = \frac{U_i I_i^2 + I_i R_{\text{я}}}{1000}, \text{ кВт},$$

де U_i - напруга на якорі G1 в i -ій точці, В; I_i – струм якоря в i -ій точці, А; $R_{\text{я}}$ – активний опір обмотки якоря С1, Ом; $R_{\text{я}}=0.9$ Ом.

За результатами розрахунку побудувати механічні характеристики М1 у чотирьох квадрантах.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1. Пояснити роботу схеми при різних положеннях рукоятки командоконтролера.*
- 2. Пояснити роботу схеми при автоматичному пуску М1.*
- 3. Пояснити роботу схеми в режимі електричного гальмування.*
- 4. Пояснити роботу схеми при механічному гальмуванні.*
- 5. Пояснити принцип дії захистів, які застосовуються в електроприводі механізму пересування.*
- 6. Чим забезпечується плавність пуску М1?*
- 7. Пояснити влаштування, принцип дії й графічне позначення на електричних принципових схемах електромагнітного реле часу.*
- 8. Пояснити влаштування, принцип дії й графічне позначення на електричних принципових схемах електромагнітного контактора змінного струму й магнітного пускача.*
- 9. Пояснити влаштування і принцип дії механічного гальма.*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО КРАНА.

МЕТА РОБОТИ – засвоїти принцип дії схеми керування та методи перевірки електромеханічних характеристик електроприводу постійного струму механізму пересування.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СХЕМИ КЕРУВАННЯ

Принципова електрична схема лабораторної установки наведена на рис. 3.1. Установка призначена для дослідження електромеханічних характеристик і схеми автоматичного управління електропривода механізму пересування крана. В електроприводі використовується двигун постійного струму з послідовним збудженням. Із всіх двигунів постійного струму двигун цього типу застосовується в механізмах підйому й пересування машин найбільш часто. По-перше, він має велику перевантажувальну здатність (кратність максимального моменту стосовно номінального досягає значення 4-5). А по-друге, механічна характеристика двигуна забезпечує автоматичне підвищення продуктивності крана за рахунок підвищення швидкості підйому або пересування при зменшенні моменту опору (максимально припустима швидкість обертання двигуна в 2.5 рази перевищує номінальну швидкість).

Керування крановим двигуном М1 типу Д-12 здійснюється за допомогою магнітного контролера П-160. Контролер має симетричну схему, тобто забезпечує однакові механічні характеристики М1, автоматичний пуск і гальмування, реостатне регулювання швидкості при русі крана в обох напрямках. Схема складається з типових вузлів керування двигунами постійного струму, які вивчаються в курсі «Автоматизований електропривод» й описаних в [2,3].

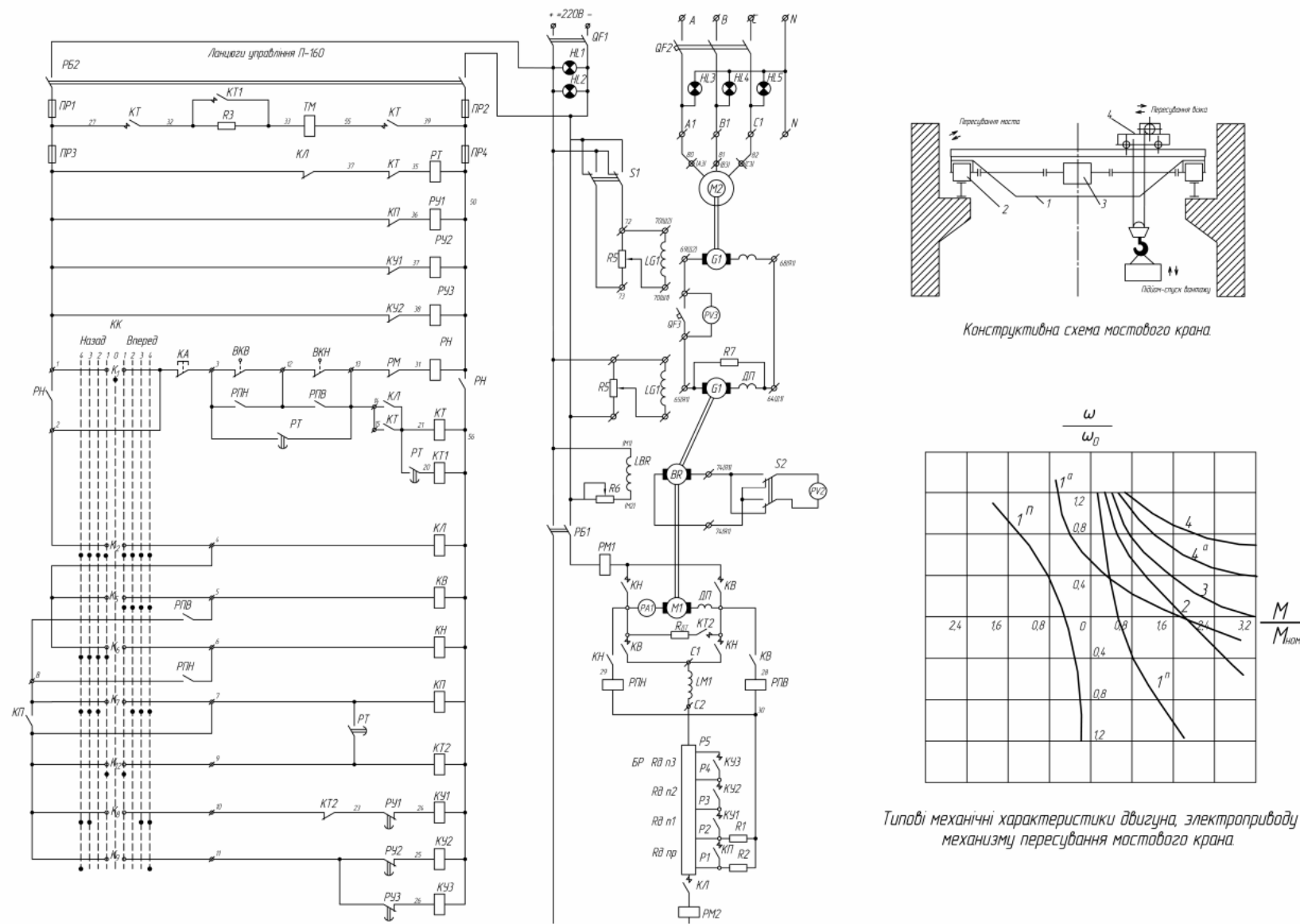


Рис.3.1. - Електрична принципова схема постійного струму

Керування магнітним контролером здійснюється за допомогою командоконтролера КК типу КП-1214, що має фіксоване нульове положення й по чотири робочих положення рукоятки в напрямку руху «уперед» і «назад». У перших, других і третьому робочих положеннях КК у якірне коло М1 вводяться додаткові резистори. У четвертому положенні рукоятки КК двигун працює на природній характеристиці. Як додаткові використовуються стандартні блоки дрових резисторів типу БК-12. Конкретна модифікація використовуваних блоків і розбивка їх на ступені визначаються потужністю двигуна й можливостями схеми керування [4].

Типові механічні характеристики електропривода механізму пересування з магнітним контролером П-160 наведені на рис. 3.2. Вони забезпечують плавне наростання моменту, який розвиває двигуном при пуску. Під час роботи двигуна на характеристиках I^n , I^a й 2 момент двигуна обмежений. Подальший розгін на характеристиках 3, 4^a й 4 здійснюється при граничному моменті, рівному 220 - 250% $M_{ном}$. Тим самим забезпечується мінімізація часу пуску.

Для механічного загальмовування вала М1 застосовується колодкове пружинне гальмо типу ТК із електромагнітом постійного струму серії МП.

Живлення головних кіл і кіл управління електроприводу здійснюється напругою 220 В від мережі постійного струму.

При включенні автоматичного вимикача QF1 одержують живлення котушки електромагнітних реле часу РТ, РУ1, РУ2, РУ3 і реле спрацьовують. Замикаючі контакти реле гальмування РТ шунтують кінцеві вимикачі, що обмежують безпечну зону переміщення крана «уперед» ВКВ й «назад» ВКН, підготовляють коло включення котушок контакторів гальмування КТ1 і КТ2. Розмикальні контакти реле РУ1, РУ2, РУ3 у колах живлення котушок контакторів прискорення КУ1, КУ2 і КУ3 підготовляють контактори прискорення до включення в певній часовій послідовності.

У нульовому положенні рукоятки командоконтролера КК замкнутий контакт К1.

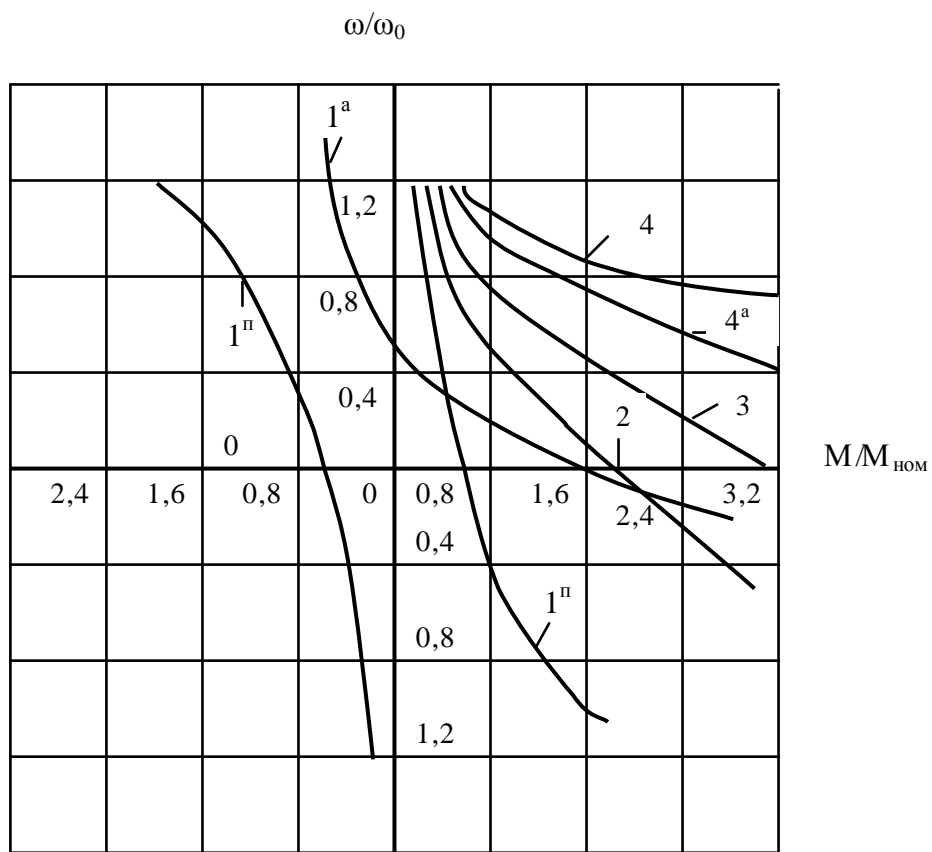


Рис. 3.2. - Типові механічні характеристики двигуна, керованого магнітним контролером П-160

Через замкнутий контакт кнопки аварійного відключення електроприводу механізму пересування КА, замкнуті контакти кінцевих вимикачів ВКВ, ВКН і замкнутий контакт реле максимального струмового захисту РМ одержує живлення котушка реле нульового захисту РН. Реле РН спрацьовує і за допомогою свого замикаючого контакту, який шунтує контакт К1 командоконтролера, стає на саможивлення. Другий замикаючий контакт РН підготовляє коло включення котушок контакторів, приєднуючи їхню загальну точку до шини 220 В.

При переводі рукоятки командоконтролера в перше положення «уперед» замикаються й залишаються замкнутими в інших положеннях рукоятки контакти К2 і К5, а також контакт К12. Одержує живлення котушка лінійного контактора КЛ і контактор спрацьовує. Своїм головним контактом він приєднує якірне коло двигуна до напруги мережі. Замикаючий контакт КЛ забезпечує живлення котушок контакторів гальмування КТ і КТ1. Контактори гальмування спрацьовують. При цьому КТ стає на саможивлення, і його головні контакти підключають до напруги мережі котушку механічного гальма ТМ, а головний контакт КТ1 шунтує опір R3, забезпечуючи тим самим форсування гальма при включенні. Вал двигуна розгальмовується. Одночасно з котушкою КЛ одержує живлення котушка контактора «уперед» КВ, і контактор спрацьовує. Своїми головними контактами КВ приєднує до напруги обмотку якоря М1. Оскільки контактор противмикання КП, контактори прискорення КУ1, КУ2, КУ3 і контактор гальмування КТ2 відключені, то й додатковий опір у якірному колі двигуна уведено повністю, і двигун буде розганятися по характеристиці 1^п. Замикаючий контакт КВ забезпечує живлення котушки реле противмикання РПВ. Реле РПВ спрацьовує й своїм замикаючим контактом підготовляє коло живлення котушки КП. Розмикальний контакт КЛ розриває коло живлення котушки реле РТ й, після відліку заданої витримки часу, контакт РТ у колі живлення котушки КТ1 розмикається й КТ1 відключається. Послідовно з котушкою ТМ вводиться додатковий опір R3, що забезпечує тривале включення котушки за умовами нагрівання.

При переводі рукоятки КК у друге положення замикається контакт К7 й одержує живлення котушка КП. Контактор противмикання КП спрацьовує й своїм головним контактом шунтує ступінь противмикання $R_{д.пр}$. Двигун М1 переходить на характеристику 2. Розмикальний контакт КП розриває коло живлення котушки РУ1 і реле починає відлік витримки часу. По її закінченні РУ1 замикає свій контакт у колі живлення котушки КУ1. Включений у це ж коло контакт КТ2 перебуває в замкнутому стані, тому що реле РТ відключене й котушка КТ2 у другому положенні рукоятки живлення не одержує.

При переводі рукоятки КК у третє положення замикається контакт К8 й одержує живлення котушка КУ1. Контактор прискорення спрацьовує й своїм головним контактом шунтує перший ступінь пускового реостата $R_{дп1}$. Двигун М1 переходить на характеристику 3. Розмикальний контакт КУ1 розриває коло живлення котушки РУ2 і реле починає відлік витримки часу. По її закінченні РУ2 замикає свій контакт у колі живлення котушки КУ2.

При переводі рукоятки КК у четверте положення замикається контакт К9 й одержує живлення котушка КУ2. Контактор прискорення спрацьовує й своїм головним контактом шунтує другий ступінь пускового реостата $R_{дп2}$. Двигун М1 переходить на характеристику 4^а. Розмикальний контакт КУ2 розриває коло живлення котушки РУ3 і реле починає відлік витримки часу. По її закінченні РУ3 замикає свій контакт у колі живлення котушки КУ3. Контактор прискорення спрацьовує й своїм головним контактом шунтує третій ступінь пускового реостата $R_{дп3}$. Двигун М1 переходить на характеристику 4 і швидкість обертання якоря зростає до сталого значення.

При послідовному переводі рукоятки КК із нульового положення в четверте положення «назад» черговість спрацьовування реле й контакторів аналогічна.

При переводі рукоятки КК із нульового положення безпосередньо в четверте положення в напрямку «уперед» або «назад» пуск двигуна М1 буде здійснюватися автоматично у функції часу. Припустимо, що рукоятку переведено з нульового положення в четверте положення «уперед».

Замикаються контакти К2, К5, К7, К8 і К9 командоконтролера. Черговість спрацьовування КЛ і КВ і здійснювані їх головними й блокувальними контактами перемикання аналогічні розглянутим вище. Однак, відразу ж після замикання контакту РПВ одержує живлення котушка КП, контактор противмикання спрацьовує й шунтує $R_{д.пр.}$. Таким чином, час роботи М1 на характеристиці 1^п визначається сумою часів спрацьовування РПВ і КП і тому невеликий. Двигун М1 не встигає за цей час досягти значної швидкості, тому при спрацьовуванні КП і переході двигуна на характеристику 2 можливе істотне збільшення пускового моменту й прискорення двигуна, що буде викликати різке рушення крана з місця й небезпечне розгойдування вантажу. Для усунення цього одночасно з котушкою КП через замкнутий контакт РТ одержує живлення котушка КТ2. Контактор КТ2 своїм головним контактом підключає паралельно якорю М1 опір динамічного гальмування $R_{дт}$ і двигун М1 перейде не на характеристику 2, а на 1^а й буде розганятися по цій характеристиці протягом часу, рівного часу витримки РТ. По закінченні витримки часу контакт РТ, що живить котушку КТ2, розмикається, і двигун переходить на характеристику 2. Схема працює аналогічно, якщо при ручному пуску рукоятку КК із нульового перевести відразу в друге положення.

Розмикаючий контакт КП розриває коло живлення котушки РУ1, і реле прискорення починає відлік витримки часу. По його закінченні замикається контакт РУ1 у колі живлення котушки КУ1. Тому що витримка часу реле РТ менша витримки часу реле РУ1, до моменту замикання контакту РУ1 блок-контакт КТ2 у колі живлення котушки КУ1 уже замкнутий. Тому КУ1 спрацьовує і своїм головним контактом шунтує $R_{дп1}$. Двигун М1 переходить на характеристику 3.

Розмикальний контакт КУ1 розриває коло живлення котушки РУ2, і реле прискорення починає відлік витримки часу. По його закінченні замикається контакт РУ2 у колі живлення котушки КУ2, контактор спрацьовує й своїм головним контактом шунтує $R_{дп2}$. Двигун М1 переходить на характеристику 4^а.

Розмикальний контакт КУ2 розриває коло живлення котушки КУ3, і реле прискорення починає відлік витримки часу. По його закінченні розривається контакт КУ3, контактор спрацьовує й своїм головним контактом шунтує $R_{дп3}$. Двигун М1 переходить на характеристику 4 і швидкість обертання якоря зростає до сталого значення.

Схема автоматичного керування повинна забезпечувати плавну сповільнення крана при зупинках. Для виконання цієї вимоги в ній передбачені два види електричного гальмування: динамічне гальмування й гальмування противмиканням.

Припустимо, що кран переміщався в напрямку «уперед». При переводі рукоятки КК із проміжних або крайніх положень у перше замикається контакт К12, і через замкнутий контакт КП одержує живлення котушка КТ2. Контактор КТ2 спрацьовує й своїм головним контактом підключає паралельно якорю М1 опір $R_{дт}$. При цьому контактори КУ1, КУ2, КУ3 відключаються, а контактор КП залишається включеним, тому що його котушка стоїть на саможивленні. Двигун М1 переходить у режим динамічного гальмування на характеристику 1^а, розташовану в другому квадранті. З характеристики 1^а видно, що в момент перемикавання М1 буде розвивати порівняно невеликий гальмовий момент. Тому швидкість пересування крана буде плавно зменшуватися. Однак гальмовий момент у цьому випадку діє тільки до певного значення швидкості.

Підвищення ефективності подальшого гальмування досягається за рахунок переводу М1 у режим гальмування противмиканням. Для цього рукоятку КК необхідно перевести в будь яке з положень у напрямку «назад». Припустимо, у перше.

При переході рукоятки КК через нульове положення втрачають живлення котушки контакторів КЛ, КВ, КП, КТ2, КУ1, КУ2 і КУ3. Контактори відключаються й у якірне коло М1 вводяться пускові опори й опір противмикання. Контактор КТ залишається у включеному стані, тому механічне гальмо не спрацьовує.

У першому положенні рукоятки «назад» замикаються контакти К2, К6 і К12. Одержує живлення котушка КЛ і контактор спрацьовує. Його головний контакт приєднує якірне коло М1 до напруги мережі. Одночасно одержує живлення котушка й спрацьовує контактор КН. Своїми головними контактами він підключає якір М1 до напруги протилежної полярності, і М1 переходить у режим гальмування противмиканням на характеристику 1^п у другому квадранті. З виду характеристики слідує, що оскільки швидкість обертання М1 знизилася в режимі динамічного гальмування, то величина гальмового моменту в цьому випадку не буде перевищувати аналогічну величину в режимі динамічного гальмування, і тому плавність гальмування не порушиться.

Керування процесом гальмування противмиканням у схемі виконується у функції ЭДС, і в цьому випадку здійснюється за допомогою реле противмикання «назад» РПН. При спрацьовуванні КН його контакт у колі живлення котушки РПН замикається. Однак, РПН не спрацьовує, і контактори КП, КТ2, КУ1, КУ2 і КУ3 залишаються не включеними. Двигун М1 продовжує гальмуватися по характеристиці 1^п. Для того, щоб РПН не спрацьовало на початку гальмування, напруга на його котушці повинна бути близькою до нуля. Це досягається відповідним приєднанням нижнього за схемою виводу котушки РПН через додаткові опори R1 й R2.

У міру зниження швидкості обертання М1 напруга на котушці РПН буде зростати, і при швидкості, близькій до нуля, РПН спрацьовує. Якщо процес гальмування здійснювався для зупинки крана, то необхідно перевести рукоятку КК у нульове положення. У протилежному випадку при замиканні контакту РПН двигун після зупинки почне розганяти по характеристиці 1^п у третьому квадранті в напрямку «назад» і буде працювати на ній у сталому режимі. Надалі, залежно від положення рукоятки КК, він може працювати на кожній з характеристик у третьому квадранті, аналогічних характеристикам у першому квадранті. При цьому кран буде з різними швидкостями переміщатися в напрямку «назад».

Якщо рукоятку КК із першого положення «уперед» перевести в четверте положення «назад», то після закінчення процесу гальмування противмиканням і включення РПН двигун М1 автоматично у функції часу запускається в напрямку «назад» і буде працювати в сталому режимі на характеристиці 4 у третьому квадранті.

Процес електричного гальмування при русі крана в напрямку «назад» здійснюється аналогічно.

Механічне гальмування крана здійснюється лише при аварійних режимах. Автоматично це відбувається в тому випадку, якщо ефективність електричного гальмування в зоні дії кінцевого захисту виявилася недостатньою, і швидкість крана не знизилася до мінімального значення. У розглянутому випадку (гальмування при русі «уперед») це означає, що контакт РПН, який шунтує ВКВ, не буде замкнутий, і при розмиканні ВКВ втратить живлення котушка й відключиться КТ. Головні контакти КТ розімкнуть коло живлення котушки ТМ, і механічне гальмо спрацює. Оскільки швидкість крана, при якій спрацьовує механічне гальмо, досить велика, то це може викликати небезпечне розгойдування вантажу. Якщо ж у результаті електричного гальмування швидкість знизилася до мінімального значення й контакт РПН, який шунтує ВКВ, замкнутий, то при переводі рукоятки КК у нульове положення кран у зоні дії кінцевого захисту гальмується в режимі вільного вибігу, і при розмиканні ВКВ механічне гальмо, спрацьовуючи при не високій швидкості, не викликає розгойдування вантажу.

Аварійне механічне гальмування при будь-якому положенні рукоятки КК забезпечується натисканням на кнопку аварійного відключення КА.

Крани з великою швидкістю пересування за час електричного гальмування встигнуть пройти шлях у кілька метрів. Тому з метою безпеки (не спрацював кінцевий вимикач і механічне гальмо) між кінцевим вимикачем і краєм підкранової колії створюється «мертва зона», яку кран не обслуговує. Для цього випадку в схемі передбачене шунтування кінцевих вимикачів ВКВ, ВКН замикаючим контактом реле РТ. Припустимо, що в режимі вільного

вибігу кран вийшов із зони кінцевого захисту й розімкнув ВКВ. Втрачає живлення котушка й відключається реле РН. Розривається коло живлення котушки й відключається контактор КТ. Головні контакти КТ розривають коло живлення котушки ТМ, і механічне гальмо загальмовує механізм пересування крана. Одночасно замикається контакт КТ у колі живлення котушки РТ й , тому що контакт КЛ перебуває в замкнутому стані, одержує живлення котушка й спрацьовує реле РТ. Замикаючий контакт РТ шунтує ВКВ і ВКН. Одержує живлення котушка й спрацьовує реле РН. При переводі рукоятки КК у напрямку «уперед» спрацьовують контактори КЛ, КТ, КТ1 і КВ і кран починає рух в «мертвій зоні» від місця розташування ВКВ до краю підкранової колії. При спрацьовуванні КЛ його розмикальний контакт розриває коло живлення котушки РТ. По закінченні часу витримки РТ його контакт розмикається й механічне гальмо знову спрацьовує. Якщо за час витримки РТ кран не досягне необхідного положення в «мертвій зоні», то рукоятку КК переводять у нульове положення, а потім знову в напрямку «уперед». Повернення з «мертвої зони» у робочу здійснюється за допомогою контакта РПН, котрий шунтує ВКВ.

Поряд з кінцевою в схемі передбачені нульова та максимальна-струмова захисти. Нульовий захист забезпечує відключення М1 при зникненні й надмірному зниженні напруги мережі й виключає мимовільний запуск двигуна після відновлення напруги. Вона здійснюється за допомогою реле напруги РН, котушка якого одержує живлення тільки в нульовому положенні КК (замкнутий контакт К1). Реле РН включається й своїм замикаючим контактом шунтує контакт К1. Якщо під час руху крана зникне або надмірно понизиться напруга мережі, реле РН відключається. Його контакти розмикаються, і тому втрачають живлення котушки всіх контакторів схеми. Контактори відключаються. Спрацьовує механічне гальмо. Після відновлення напруги реле РН включається тільки після установки рукоятки КК у нульове положення. Це дає можливість операторові оцінити виниклу ситуацію, а потім продовжити виконання перерваної операції.

Максимальний-струмовий захист здійснюється за допомогою двох струмових реле РМ1, РМ2. Коли струм у якорному колі М1 перевищує припустиме значення ($I_a \geq 2.5I_{ном}$), якорі РМ1, РМ2 впливають на загальну скобу й розмикають допоміжний контакт РМ. Цей контакт включений у колі живлення котушки реле РН. Тому реле РН відключається й, розмикаючи свої контакти, розриває коло живлення котушок всіх контакторів схеми. Двигун відключається й загальмовується механічним гальмом.

Дослідження електромеханічних характеристик двигуна М1 здійснюється за допомогою навантажувального агрегату, до складу якого входять: генератори постійного струму незалежного збудження G1, G2 й асинхронний короткозамкнений двигун М2. Генератор G1 приводиться в обертання двигуном М1, а генератор G2 - двигуном М2. Величина струму в обмотках збудження LG1 й LG2 генераторів, а отже, і величина їх ЕРС регулюється, відповідно, за допомогою повзункових реостатів R5 й R4. Крім того, за допомогою перемикача S1 можна змінювати полярність напруги, що прикладається до LG2, і в такий спосіб змінювати напрямок ЕРС генератора. При працюючих М1, М2 і розімкнутому автоматичному вимикачі QF3 показання вольметра визначаються алгебраїчною сумою електрорушійних сил генераторів G1 й G2. За допомогою перемикача S1 і резистора R4 можна величину ЕРС G2 установити рівною ЕРС G1, але включеною стосовно неї зустрічно. Алгебраїчна сума ЕРС G1 й G2 у цьому випадку виявиться рівною нулю, і вольметр PV1 буде давати нульові показання. При замиканні QF3 якорі G1 й G2 утворять загальне коло, величина струму в якому дорівнює нулю. Якщо тепер за допомогою R4 зменшувати струм в обмотці збудження G2, то його ЕРС стає меншою ЕРС G1, і G2 стосовно G1 починає працювати в режимі двигуна. Генератор G1 стосовно G2 працює в генераторному режимі й тим самим створює навантаження для двигуна М1. Величина навантаження буде тим більша, чим більша буде різниця між величинами ЕРС G1 й G2. Струм навантаження М1 реєструється амперметром PA1, а швидкість обертання - вольтметром PV2, підключеним до якоря тахогенератора BR.

Для виключення можливості роботи М1 у режимі холостого ходу паралельно якорю G1 постійно приєднаний резистор R7. Струм холостого ходу і якірного кола М1 не повинен бути менше 5 А.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1. У процесі підготовки до проведення лабораторної роботи вивчити принципову електричну схему установки так, щоб з її допомогою пояснити всі можливі режими роботи М1 (рушійний і гальмівний) і одержувані при цьому механічні характеристики; принцип дії застосовуваних у схемі захистів, а також склад і принцип дії навантажувального агрегату.
2. На початку лабораторної роботи з'ясувати розташування основних елементів електроприводу механізму пересування й навантажувального агрегату.
3. Зібрати вимірювальну частину схеми, що включає в себе автоматичні вимикачі QF1, QF2, QF3, вольтметри PV1, P2, амперметр PA1, повзункові реостати R4, R5 і клемну дошку, на якій установлені перемикач S1, кнопки КА й кінцеві вимикачі ВКВ, ВКН. Рукоятки автоматичних вимикачів повинні перебувати в положенні «0».
4. Запустити досліджуваний двигун М1. Для цього необхідно рукоятку КК поставити в нульове положення. За допомогою R5 установити в обмотці збудження G1 номінальний струм. Включити QF1. Перевести рукоятку КК у перше положення заданого напрямку. Після того, як М1 досягне сталої швидкості обертання, за допомогою R5 установити струм у якірному колі М1, контрольований PA1, рівним 5 А.
5. Запустити навантажувальний агрегат. Для чого необхідно переконатися в тім, що **РУКОЯТКА QF3 ПЕРЕБУВАЄ В**

ПОЛОЖЕННІ «0». Потім включити QF2. Після того, як M2 досягне сталої швидкості обертання, за допомогою R4 домогтися нульових показників PV1. Якщо це не вдається, перевести S1 в інше положення. **ТІЛЬКИ ПРИ НУЛЬОВИХ ПОКАЗАННЯХ PV1 ВКЛЮЧИТИ QF3.**

6. Зняти електромеханічну характеристику на першому положенні рукоятки КК. Для цього за допомогою R4 збільшувати навантаження M1, фіксуючи через кожні 2-3 А показання PA1 й PV2. Особливо ретельно зафіксувати показання PA1, при яких швидкість M1 буде дорівнює нулю. Струм у якірному колі M1 збільшувати до 25 А. Якщо R4 виявиться в крайнім положенні при менших показаннях PA1, необхідно перевести S1 в інше положення. По закінченні досліду перевести S1 і повзунок R4 у початковий стан і зняти навантаження з M1. **РОЗІМКНУТИ QF3.**
7. Зняти електромеханічну характеристику на другому положенні рукоятки КК. Для цього перевести рукоятку КК у друге положення. За допомогою R5 установити струм у якірному колі M1 рівним 5 А. За допомогою R4 й S1 домогтися нульових показань PV1. Включити QF3. За допомогою R4 збільшувати навантаження M1, фіксуючи через кожні 2-3 А показання PA1 і PV2. Струм у якірному колі M1 збільшувати до 25 А. Якщо повзунок R4 виявиться в крайнім положенні при менших показаннях PA1, необхідно перевести в інше положення S1. По закінченні досліду перевести R4 у початковий стан і зняти навантаження з M1. **РОЗІМКНУТИ QF3.**
8. Зняти електромеханічні характеристики M1 на третім і четвертому положеннях КК. Досліди проводяться аналогічно описаному в п.7. Наприкінці кожного досліду **РОЗМИКАТИ QF3.**
9. Зняти електромеханічну характеристику M1 на першому положенні КК при шунтуванні якоря M1 опором динамічного гальмування.

Для цього перевести рукоятку КК із четвертого положення в перше. Дослід проводити аналогічно описаному в п.7. Наприкінці досліду **РОЗІМКНУТИ QF3 й QF2. ВІДКЛЮЧИТИ R4 ВІД НАПРУГИ МЕРЕЖІ.**

10.Переконалися , що магнітний контролер забезпечує плавне наростання швидкості М1 при автоматичному пуску. Для цього рукоятку КК перевести в перше положення й за допомогою R5 установити струм у якірному колі М1, рівним 5А. Перевести рукоятку КК у нульове положення. А потім, після зупинки М1, рукоятку КК перевести з нульового положення в четверте положення, і за допомогою електронного осцилографа зняти залежності, що характеризують зміну в часі струму й швидкості М1 при пуску. При знятті осцилограми струму на вхід осцилографа подавати напругу із шунта РА1, а при знятті осцилограми швидкості - напругу з виходу ВR.

11.Перевірити роботу нульового й кінцевого захистів схеми. Для перевірки нульового захисту при роботі М1 на першому положенні КК відключити, а потім включити QF1.

Для перевірки дії кінцевого захисту при роботі М1 на першому положенні КК у напрямку «уперед» розімкнути контакт ВКВ. Переконалися в тім, що після розмикання ВКВ схема забезпечує можливість обслуговування краном «мертвої зони». Аналогічно перевіряється дія кінцевого захисту при роботі М1 у напрямку «назад».

ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

На підставі отриманих експериментальних даних побудувати електромеханічні характеристики електроприводу в чотирьох квадрантах.

По осцилограмі струму якоря М1 визначити витримки часу, на які настроєні реле прискорення РУ1, РУ2, РУ3, а також значення пускового струму й струмів перемикавання М1.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1. Пояснити влаштування і принцип дії двигуна постійного струму.*
- 2. Пояснити роботу схеми при різних положеннях командоконтролера в режимі роботи М1, як двигуна.*
- 3. Пояснити роботу схеми при аварійному гальмуванні М1.*
- 4. Пояснити роботу схеми при обслуговуванні краном «мертвої зони».*
- 5. Чому в механізмах підйому й пересування машин використовуються двигуни постійного струму з послідовним збудженням?*
- 6. Пояснити принципи дії захистів, застосовуваних в електроприводі механізму пересування крана.*
- 7. Пояснити принцип дії й порядок запуску навантажувального агрегату лабораторної установки.*
- 8. Пояснити влаштування, принцип дії й графічне позначення на електричних принципових схемах електромагнітного реле часу.*
- 9. Пояснити влаштування, принцип дії й графічне позначення на електричних принципових схемах електромагнітного контактора постійного струму, командоконтролера.*
- 10. Чим забезпечується плавність пуску й гальмування М1?*
- 11. Пояснити влаштування і принцип дії механічного гальма.*
- 12. Які вимоги пред'являються до кранових електроприводів?*
- 13. У результаті чого забезпечується зменшення часу пуску М1?*

ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМАТИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Схему вмикання двигуна в системі П-Д приведено на рис.4.1.а. Якір двигуна М живиться від керованого перетворювача П, у якості якого можуть використовуватися електромашинні, електромагнітні або напівпровідникові пристрої. Незалежно від принципу дії будь-який з названих пристроїв здійснює, перетворення напруги змінного струму U_c в напругу постійного струму U (випрямлення), і забезпечує можливість регулювання величини і полярності випрямленої напруги. Статичну характеристику реверсивного перетворювача приведено на рис. 4.1.б. При зміні управляючого сигналу від значення $+U_{yn}$ до $-U_{yn}$ ЕРС перетворювача E_n змінюється від $+E_{nn}$ до $-E_{nn}$. Розташування точки номінального режиму на статичній характеристиці таке, що при $U_y > U_{yn}$ ЕРС перетворювача може на 30÷40% перевищувати номінальне значення.

Обмотка збудження двигуна LM живиться від окремого джерела. Величина струму в ній I_g регулюється за допомогою резистора R_g .

Схему заміщення для якірного кола системи П-Д приведено на рис. 4.1.в. Окрім згадуваних раніше елементів на ній позначені індуктивності перетворювача L_n і двигуна L_y , активні опір якоря R_y і перетворювача R_n , ЕРС обертання E , що індуктується в обмотці якоря М.

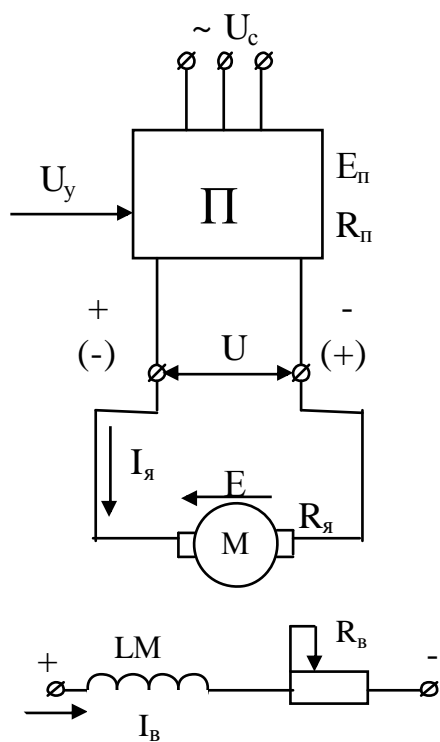
Рівняння рівноваги ЕРС для сталого режиму в якірному колі двигуна ($dI_y/dt=0$) матиме вигляд:

$$E_n = I_y R_y + I_y R_n + E.$$

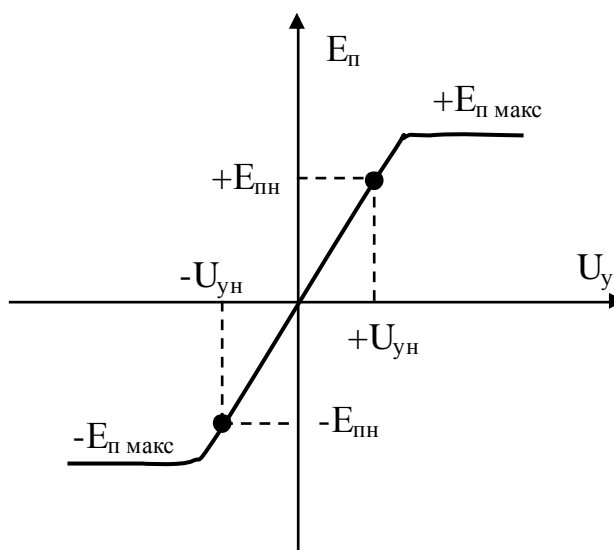
Величина ЕРС обертання визначається як

$$E = k \Phi \omega$$

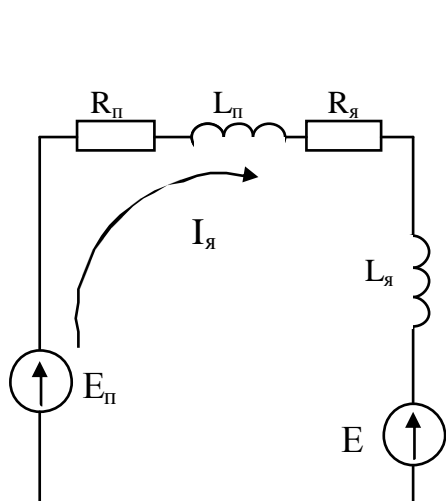
де k – конструктивний коефіцієнт; Φ – магнітний потік; ω – швидкість обертання двигуна.



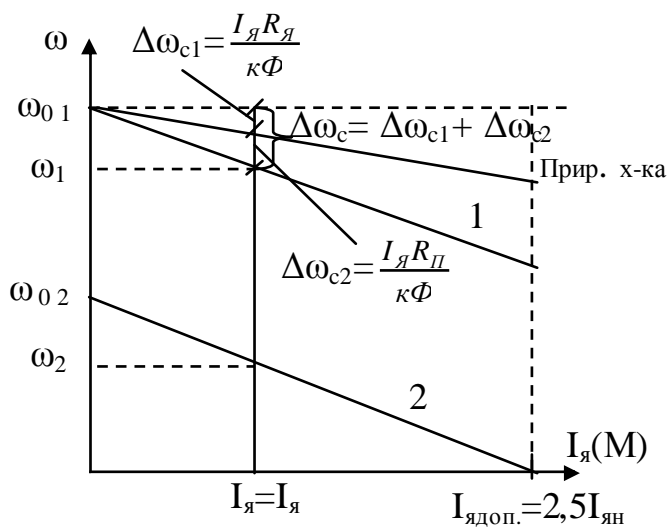
а)



б)



в)



г)

Рис. 4.1. - а) схема вмикання двигуна;
 б) статична характеристика перетворювача;
 в) схема заміщення;
 г) характеристики двигуна.

Підставивши в рівняння рівноваги ЕРС вираз для E і вирішивши його щодо ω , отримаємо рівняння електромеханічної характеристики двигуна $\omega=f(I_a)$:

$$\omega = \frac{E_n}{k\Phi} - \frac{I_a R_a}{k\Phi} - \frac{I_a R_n}{k\Phi} = \omega_0 - \Delta\omega_{c1} - \Delta\omega_{c2},$$

де ω_0 – швидкість ідеального холостого ходу; $\Delta\omega_{c1}$, $\Delta\omega_{c2}$ – складові статичного падіння швидкості $\Delta\omega_c$.

З рівняння виходить, що електромеханічна характеристика двигуна в системі П-Д – пряма лінія. На рис. 4.1.г її побудовано в першому квадранті та позначено цифрою 1.

Оскільки обертовий момент M двигуна прямопропорційно залежить від струму якоря $M=k\Phi I_a$, то механічна характеристика двигуна $\omega=f(M)$ матиме такий же вигляд і відрізнятиметься від електромеханічної тільки масштабом по осі абсцис.

Нахил характеристики 1 до осі абсцис більше, ніж у наведеній там же природної характеристики, оскільки через падіння напруги від якірного струму на внутрішньому активному опорі перетворювача при одному і тому ж струмі якоря (моменті опору) до статичного падіння швидкості на природній характеристиці $\Delta\omega_{c1}=I_a R_a/k\Phi$ додається складова $\Delta\omega_{c2}=I_a R_n/k\Phi$.

При зміні управляючого сигналу U_y змінюється величина E_n , що у свою чергу веде до зміни швидкості ідеального холостого ходу ω_0 . Обидві складові статичного падіння швидкості від величини E_n не залежать і тому при зміні E_n залишаються постійними. Отже, при зміні управляючого сигналу від U_{yn} до нуля штучні характеристики двигуна виходять паралельним перенесенням вниз прямої 1. Таким чином забезпечується плавне регулювання швидкості двигуна вниз від основної.

Діапазон регулювання швидкості D в даному випадку обмежений і не може перевищувати величини $D=(8\div 10):1$. Це пов'язано, по-перше, з необхідністю зберігати перевантажувальну здатність двигуна. Для двигунів постійного струму з незалежним збудженням коефіцієнт перевантаження по

струму якоря (моменту) κ_n , визначуваний як відношення допустимого струму $I_{я\ доп}$ до номінального струму якоря $I_{я}$ $\kappa_n = I_{я\ доп} / I_{я\ н} \leq 2,5$. Отже, характеристика 2 на мал.1г, одержувана при паралельному перенесенні характеристики 1, є останньою, на якій зберігається перевантажувальна здатність двигуна, а діапазон регулювання швидкості, визначуваний звичайно при $I_{ян}$, знаходиться як $D = \omega_1 / \omega_2$.

Розширений діапазон регулювання швидкості може бути тільки за рахунок зменшення нахилу характеристик 1, 2, тобто за рахунок зменшення статичного падіння швидкості $\Delta\omega_c$.

Другою причиною, що обмежує діапазон регулювання швидкості, є необхідність забезпечення заданої точності регулювання. Точність регулювання швидкості кількісно оцінюється статизмом механічних характеристик двигуна S_x , який показує на скільки відсотків від швидкості ідеального холостого ходу ω_0 зменшиться швидкість двигуна ω при збільшенні навантаження на двигун від моменту опору холостого ходу до номінального. Величина статизму визначається як

$$S_x = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \cdot 100\% ,$$

де $\omega_0 - \omega = \Delta\omega_c$ – статичне падіння швидкості.

При такому способі регулювання із зменшенням швидкості двигуна величина $\Delta\omega_c$ залишається постійною, тому статизм збільшується, а точність регулювання погіршується. Найбільшою величина статизму буде для характеристики 2. До необхідного значення вона може бути зменшена тільки за рахунок зменшення $\Delta\omega_c$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗА СИСТЕМОЮ “ЕЛЕКТРОМАШИННИЙ ПІДСИЛЮВАЧ-ДВИГУН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ”

МЕТА РОБОТИ – засвоїти принцип дії схеми керування та методи перевірки електромеханічних характеристик електроприводу за системою “Електромашинний підсилювач-двигун постійного струму”

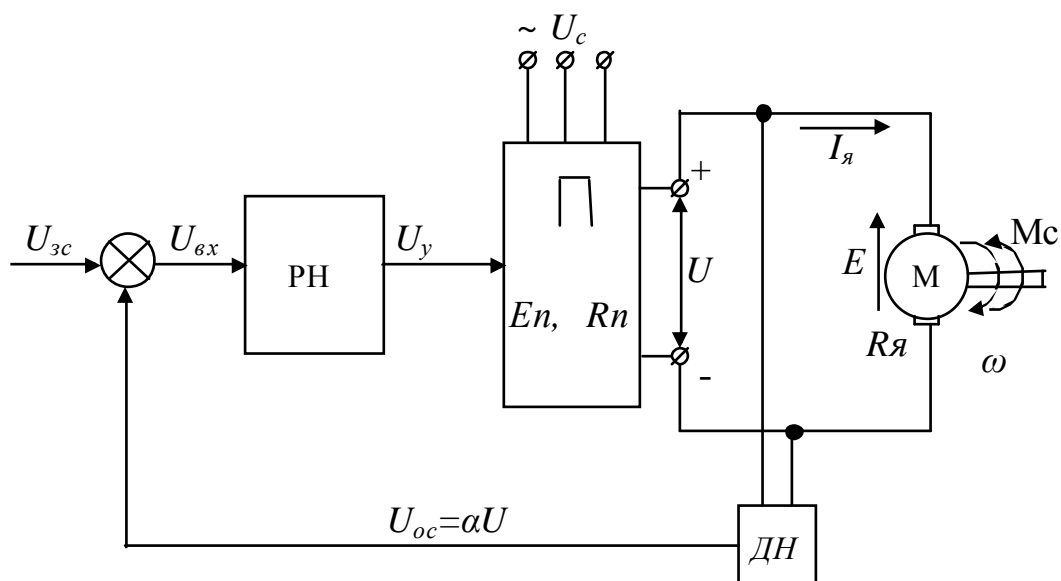
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Зменшення $\Delta\omega_c$ досягається за допомогою застосування системи П-Д, збудованої за замкнутим принципом. Залежно від вимог до діапазону і точності регулювання застосовуються різні зворотні зв'язки. Якщо ці вимоги не дуже жорсткі, то можливе застосування негативного зворотного зв'язку за напругою перетворювача. Схему вмикання двигуна в такій системі приведено на рис.4.2.а. Її основу складає розімкнена система П-Д. Потрібна швидкість обертання M визначається величиною сигналу завдання U_{zc} . Випрямлена напруга перетворювача U контролюється датчиком напруги ДН. За наявності внутрішнього активного опору перетворювача R_n випрямлена напруга залежить від струму в якірному колі M . В сталому режимі $U = E_n - I_a R_n$. Вихідний сигнал ДН $U_{oc} = \alpha U$ є сигналом зворотного зв'язку за напругою. Тут α – коефіцієнт передачі датчика напруги.

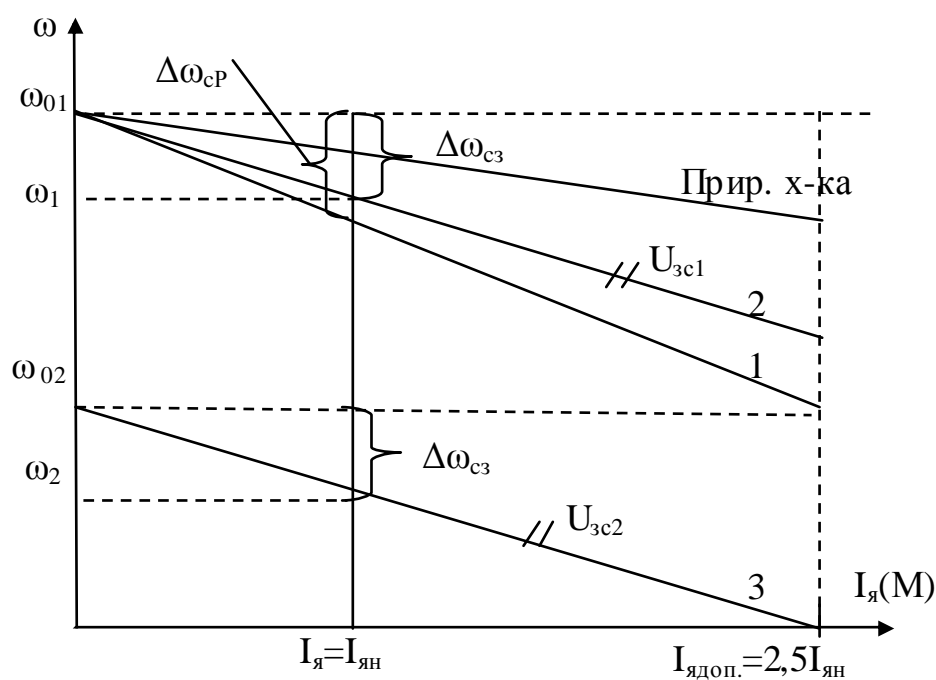
В пристрої, що підсумовує, сигнал зворотного зв'язку обчислюється із задаючого сигналу U_{zc} і їх різниця у вигляді сигналу помилки $U_{ex} = U_{zc} - U_{oc}$ подається на вхід регулятора напруги РН, який з коефіцієнтом κ_{pn} підсилює сигнал помилки і подає його у вигляді сигналу управління $U_y = \kappa_{pn} U_{ex}$ на вхід перетворювача П.

При збільшенні моменту опору M_c на валу двигуна зменшується його швидкість ω і тому збільшується струм в якірному колі I_a . За рахунок збільшення падіння напруги на активному опорі перетворювача $I_a R_n$ знижується

напруга на якорі М і зменшується сигнал зворотного зв'язку U_{oc} . Це викликає збільшення сигналу помилки U_{ex} і сигналу управління U_y , що у свою чергу



а)



б)

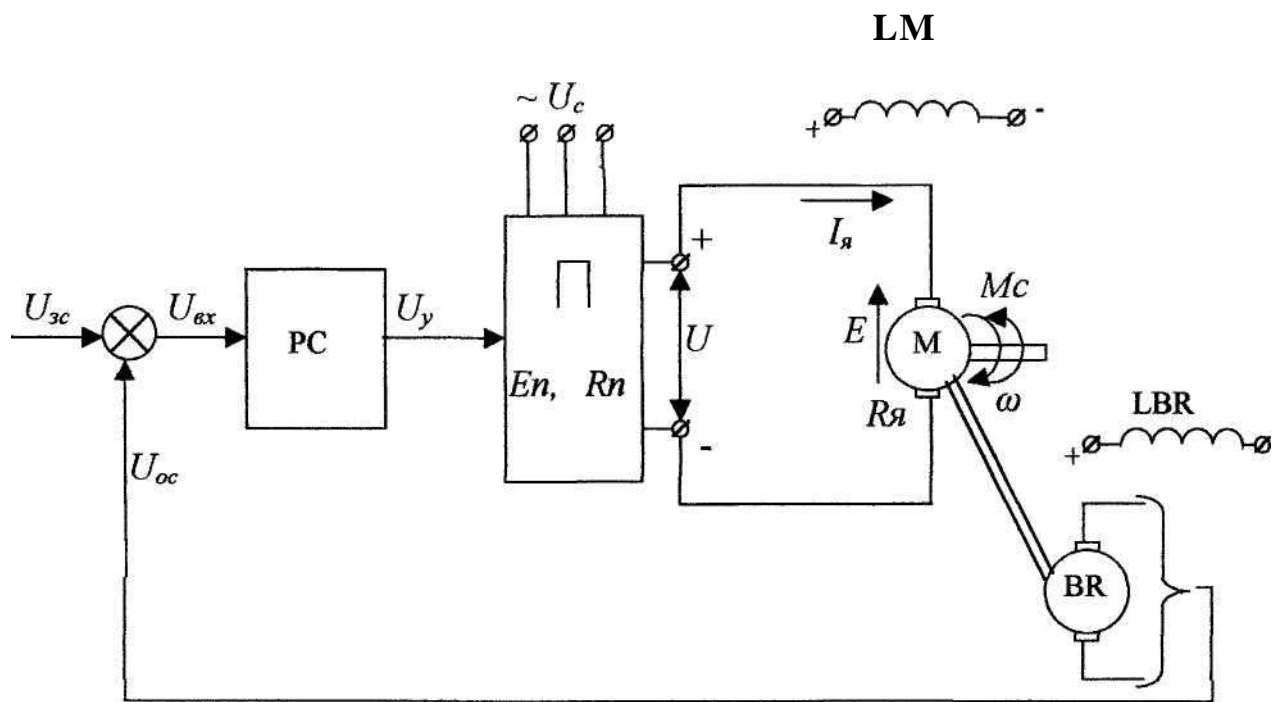
Рис. 4.2. а) схема вмикання двигуна в замкнутій системі П-Д із негативним зворотним зв'язком по напрузі;
б) характеристики двигуна.

приведе до зростання ЕРС перетворювача E_n і напруги на якорі двигуна. Тим самим компенсується складова статичного падіння швидкості $\Delta\omega_2$, визначувана величиною $I_a R_n$. Тому пряма 2 на рис. 4.2.б, що відображає характеристику двигуна в замкнутій системі, буде розташована вище прямої 1, що відображає характеристику двигуна в розімкненій системі П-Д. Система регулювання напруги, що розглядається, є статичною, оскільки величина $I_a R_n$ збільшенням E_n компенсується не повністю. Повної компенсації падіння напруги на активному опорі перетворювача може бути досягнуто в астатичній системі регулювання напруги. У цьому випадку можна припустити, що двигун живиться від перетворювача з нульовим внутрішнім опором. При $U=U_n$ двигуна він працюватиме на природній характеристиці. Статичне падіння швидкості під час роботи двигуна на інших характеристиках буде таким же, як і на природній.

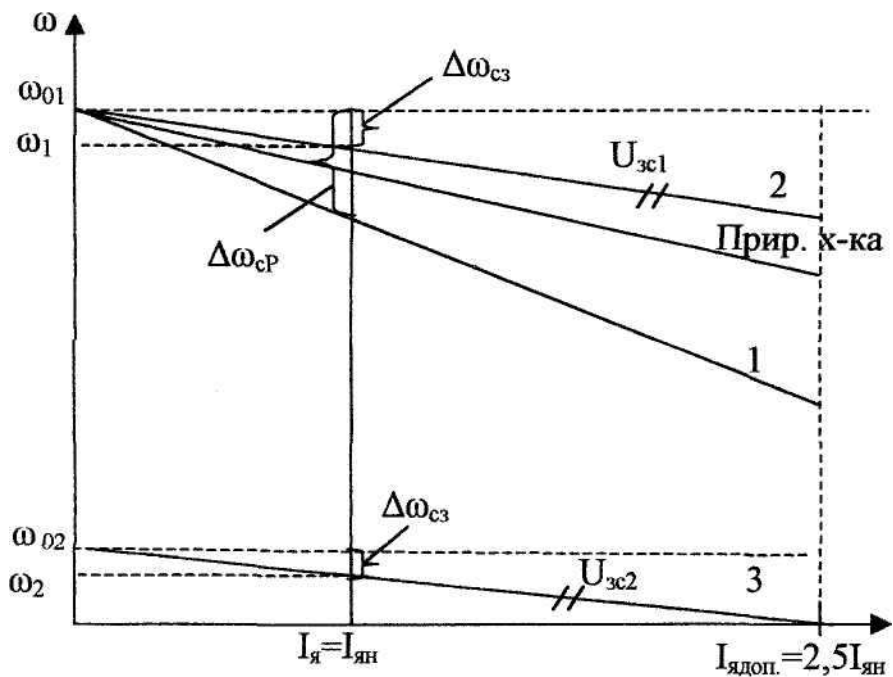
Прямою 3 на рис. 4.2.б зображено характеристику двигуна в статичній системі при сигналі завдання $U_{zc2} < U_{zc1}$.

Подальше розширення діапазону і точності регулювання швидкості пов'язано з компенсацією складової $\Delta\omega_{c1}$ статичного падіння швидкості. В цьому випадку застосовується система ЕМП-Д з головним зворотним зв'язком, тобто із зворотним зв'язком за регульованою величиною швидкості двигуна. Схему вмикання двигуна в такій системі приведено на рис. 4.3.а.

Швидкість обертання, що вимагається, визначається величиною сигналу завдання U_{zc} . Швидкість двигуна ω контролюється тахогенератором ВР. Вихідний сигнал тахогенератора $U_{oc} = \beta_c \omega$ є сигналом зворотного зв'язку за швидкістю. Тут β_c – коефіцієнт передачі тахогенератора. В пристрої, що підсумовує, сигнал зворотного зв'язку віднімається із задаючого сигналу і їх різниця у вигляді сигналу помилки $U_{ex} = \kappa_{zc} U_{oc}$ подається на вхід регулятора швидкості РС, який з коефіцієнтом κ_{pc} підсилює сигнал помилки і подає його у вигляді сигналу управління $U_y = \kappa_{pc} U_{ex}$ на вхід перетворювача П.



а)



б)

Рис. 4.3. - а) схема вмикання двигуна в замкнутій системі - ЕМП- Д із негативним зворотним зв'язком за швидкістю; б) характеристики двигуна.

При збільшенні моменту опору швидкість двигуна і тахогенератора зменшується. Зменшується сигнал зворотного зв'язку U_{oc} . Це викликає збільшення сигналу помилки U_{ex} і сигналу управління U_y , що у свою чергу веде до зростання E_n і напруги на якорі двигуна. Тим самим компенсуються обидва складові $\Delta\omega_c$. При пропорційному регуляторі швидкості $\Delta\omega_{c2}$ компенсується повністю, а $\Delta\omega_{c1}$ – частково. Система регулювання швидкості є статичною і пряма 2 на рис.4.3.б, що відображає характеристику двигуна в системі, що розглядається, буде розташована вище за природну характеристику. Прямою 3 на рис. 4.3.б зображено характеристику двигуна в статичній системі при сигналі завдання $U_{zc2} < U_{zc1}$.

Повна компенсація $\Delta\omega_{c1}$, $\Delta\omega_{c2}$ забезпечується у разі використання інтегро-пропорційного регулятора швидкості. В такій системі характеристика двигуна паралельна осі абсцис. Це дозволяє розширити діапазон регулювання швидкості до величини 10000:1 і більш і здійснювати процес регулювання при $S_x=0$.

В розглянутих замкнених системах П-Д за допомогою затриманого негативного зворотного зв'язку за струмом якоря можна забезпечити захист двигуна від перевантаження, пов'язаного з режимом роботи двигуна «на упор». Робота «на упор» або механічне стопоріння робочого органу технологічного механізму може виникати в електроприводі лебідки при підйомі вантажу, примерзлого або заклиненого, в електроприводі підйому ковша екскаватора при черпанні екскаватором скельної породи або змерзлого ґрунту та ін. У будь-якому випадку при роботі «на упор» момент опору необмежено зростає. Швидкість двигуна знижується, зменшується ЕРС обертання двигуна E і зростають якірний струм, величина якого визначається як $I_{я} = (U - E) / R_{я}$, і момент двигуна $M = k\Phi I_{я}$. Коли двигун зупиниться, ЕРС обертання буде рівною 0. В якірному колі протікатиме струм короткого замикання $I_{якз} = U / R_{я}$ і двигун розвиватиме момент короткого замикання $M_{кз}$. Це може привести як до поломки двигуна, так і робочого органу технологічної машини. Система електроприводу повинна обмежувати струм двигуна при роботі «на упор»

таким чином, щоб при зупинці двигуна $I_a \leq 2,5 I_{ан}$. Момент, що розвивається двигуном, названий моментом стопоріння $M_{ст}$ по відношенню до номінального моменту M_n не перевищуватиме перевантажувальну здатність двигуна $M_{ст} \leq 2,5 M_n$.

Схему вмикання двигуна в замкнутій системі П-Д із зворотним зв'язком за швидкістю і затриманим зворотним негативним зв'язком по струму якоря приведено на рис. 4.4.а. Як датчик струму використовується включений в якірне коло двигуна шунт з опором $R_{ш}$. Падіння напруги на $R_{ш}$ пропорційно струму якоря I_a , тому сигнал зворотного зв'язку за струмом визначається як

$$U_{oc} = \beta_m I_a$$

де β_m – коефіцієнт передачі зворотного зв'язку по струму.

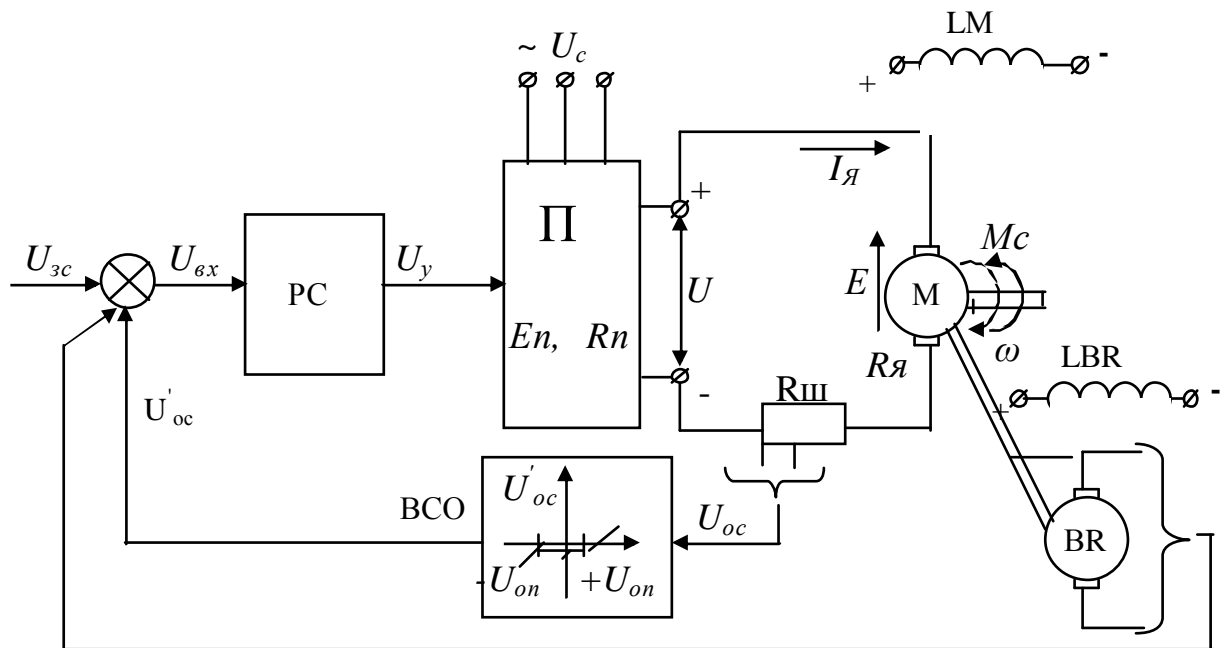
В каналі зворотного зв'язку по струму включений вузол струмового обмеження (BCO).

Статична характеристика BCO, показана усередині прямокутника, що зображує її, має зону нечутливості. Тому, до тих пір, поки сигнал зворотного зв'язку U_{oc} не перевищує за величиною деякого опорного сигналу U_{on} , сигнал U'_{oc} на виході BCO рівний 0. При $U_{oc} > U_{on}$ на виході BCO з'являється сигнал негативного зворотного зв'язку U'_{oc} , який поступає на пристрій, що підсумовує.

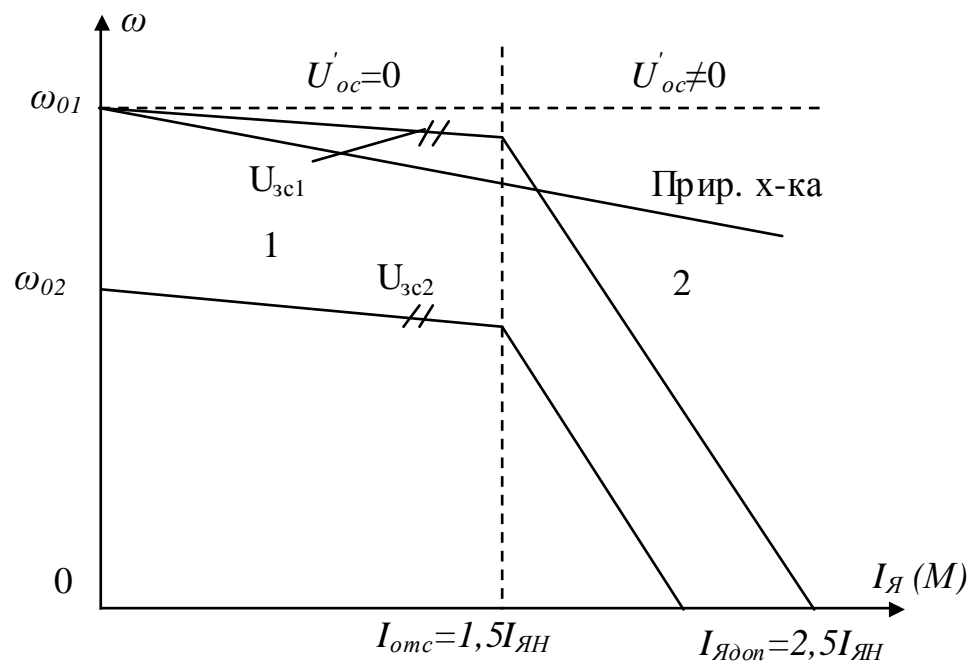
Величина U_{on} визначається величиною струму, з якої повинне починатися його обмеження. Цей струм називається струмом відсічки $I_{отс}$. Звичайно $I_{отс} \geq 1,5 I_{ан}$.

Електромеханічні характеристики двигуна на рис. 4.4.б мають дві ділянки: на першому $U'_{oc} = 0$, систему замкнено по швидкості та розімкнено по струму. Статизм характеристики невеликий і це сприяє підвищенню продуктивності технологічної машини.

На другій ділянці характеристики двигун знаходиться при виникненні режиму роботи «на упор». Струм якоря I_a перевищує струм відсічки $I_{отс}$, на виході BCO з'являється сигнал U'_{oc} і система стає замкнутою за струмом. Із зростанням I_a збільшується сигнал U'_{oc} і, отже зменшується сигнал на вході регулятора швидкості $U_{вх} = U_{зс} - U_{oc} - U'_{oc}$. Зменшуються сигнал управління



а)



б)

Рис. 4.4. - а) схема вмикання двигуна в замкнутій системі П-Д негativним зворотним зв'язком по швидкості та затриманий по струму;

б) характеристики двигуна.

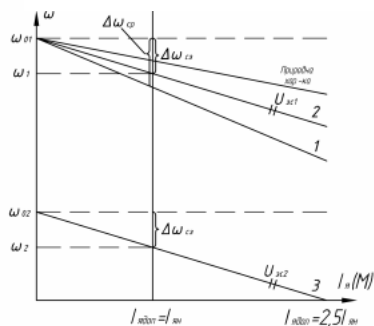
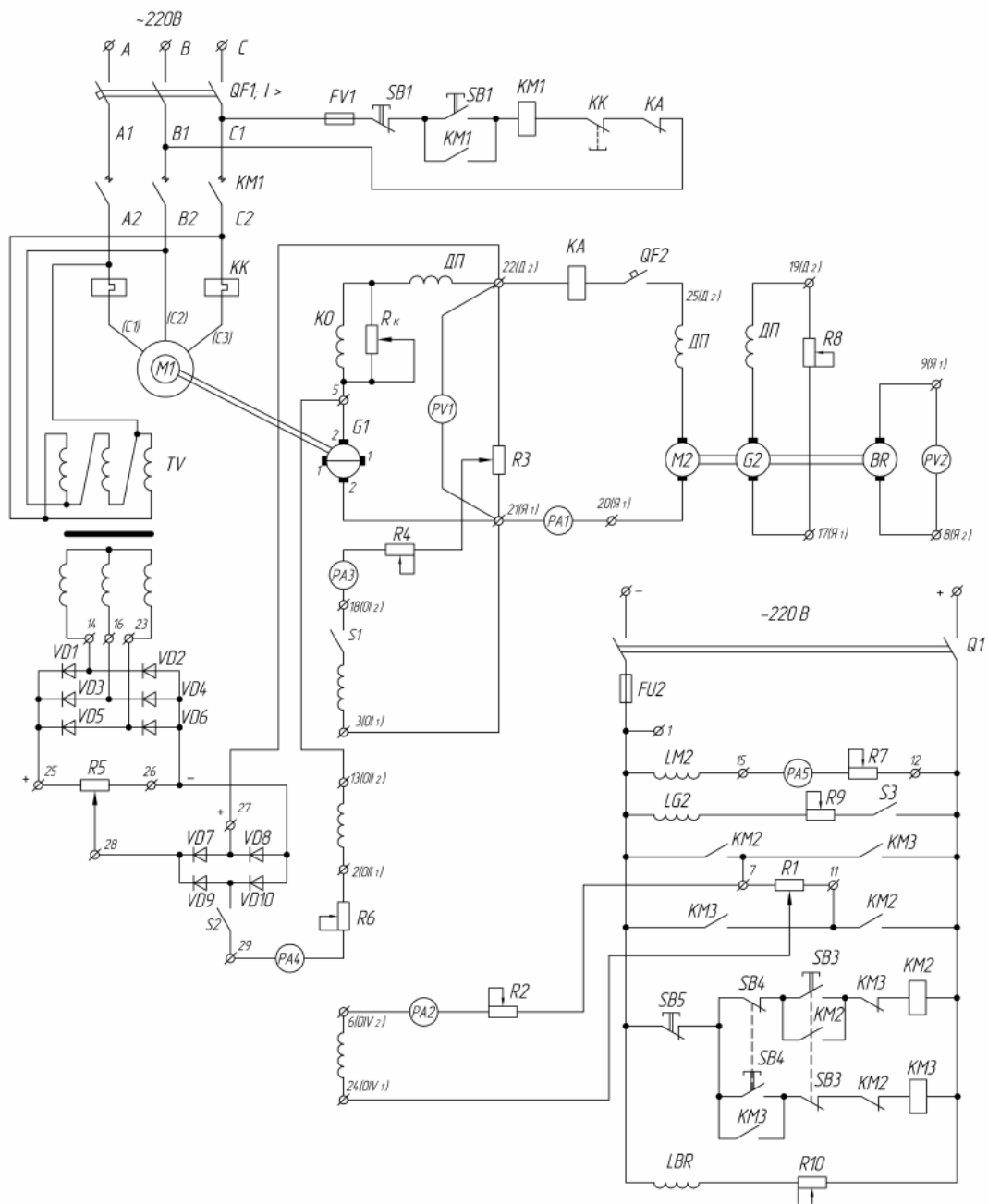
$U_y = \kappa_{pc} U_{ex}$ ЕДС і напруга перетворювача U , що і приводить до подальшого обмеження зростання струму і моменту двигуна. Швидкість двигуна різко зменшується. Коефіцієнт передачі зворотного зв'язку за струмом β_m вибирається таким чином, щоб при зупинці двигуна $I_a \leq 2,5 I_{aн}$.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1. Вивчити електричну принципову схему лабораторної установки приведену на рис.4.5. Як керований перетворювач (генератора) G1 в ній використовується електромашинний підсилювач з поперечним полем типу ЕМУ-50. Підсилювач має два каскади. Перший каскад включає чотири обмотки управління і обмотку якоря з виходом на короткозамкнуті щітки поперечної осі 1-1. Сумарний магнітний потік обмоток управління Φ індукуює в обмотці якоря ЕРС поперечної осі $E_{кз}$. В другому каскаді підсилення струм $I_{кз}$ створює поперечний потік реакції якоря $\Phi_{кз}$, який індукуює в якорі ЕРС подовжньої осі $E_{ему}$, що знімається зі щіток 2-2. Для компенсації реакції якоря від струму навантаження ЕМУ по подовжній осі на статорі розташовується компенсаційна обмотка КО, потік якої регулюється за допомогою опору R_k . Обмотка додаткових полюсів ДП поліпшує комутацію по подовжній осі машини. Зміна величини і напрямку сумарного потоку Φ приводить до зміни величини і полярності $E_{ему}$. Тому характеристика холостого ходу ЕМУ має вигляд кривої, приведеної на рис. 4.1.б.

Якір генератора G1 приводиться в обертання короткозамкнутим асинхронним двигуном M1. Підключення до мережі обмотки статора M1 здійснюється через автоматичний вимикач QF1 і головні контакти магнітного пускача KM1. У фазах А і С кіл живлення обмотки статора M1 включені чутливі елементи теплового реле КК, що захищає M1 від перевантаження. Розмикаючий контакт КК є включено в коло живлення котушки KM1.

До якоря G1 через автоматичний вимикач QF2 і амперметр PA1 підключений якір досліджуваного двигуна M2. Обмотка збудження двигуна LM2 підключена через рубильник Q1 до незалежного джерела напруги.



Характеристика двигуна

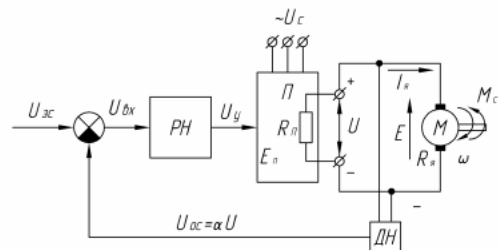


Схема включення двигуна в замкнутій системі П-Д з негативним зворотним зв'язком по напрузі перетворювача

Рис.4.5.- Електрична принципова схема системи П - Д

Струм в обмотці регулюється за допомогою резистора R7 і контролюється амперметром PA5. Вольтметр PV1 контролює напругу на якорі M2.

Навантаженням досліджуваного двигуна M2 є генератор G2. Вал G2 сполучений з валом M2. До якоря G2 підключений резистор R8. За його допомогою регулюється струм в якірному колі G2, а отже, і навантаження на M2. Номінальне значення струму в обмотці збудження LG2 генератора встановлюється за допомогою резистора R9.

Струмовий захист M2 забезпечується за допомогою максимально-струмового реле КА. Якщо струм в якірному колі M2 перевищує допустиме значення (перевищує уставку КА), то КА спрацює. Своїм розмикаючим контактом воно розриває коло живлення котушки KM1 і двигун M1 відключається від мережі.

Швидкість обертання M2 контролюється за допомогою тахогенератора BR, до якоря якого підключений вольтметр PV2. Номінальне значення струму в обмотці збудження тахогенератора LBR встановлюється за допомогою резистора R10.

Обмотка 0IV використовується як задаюча. Струм в обмотці, а отже, і створюваний нею потік регулюється за допомогою резистора R1. Полярність напруги на R1, напрям струму і потоку обмотки 0IV можуть змінюватися на протилежні, оскільки резистор включений в реверсивний міст, утворений контактами контакторів KM2, KM3. Керування контакторами KM2, KM3 здійснюється за допомогою кнопочних перемикачів SB3, SB4, SB5. Струм в обмотці 0IV контролюється амперметром PA2. Максимальна напруга, що знімається з R1, дорівнює 220В. При цій напрузі струм в обмотці 0IV за допомогою R2 встановлюється рівним 4х-кратному по відношенню до номінального струму обмотки.

Обмотка 0I ЕМУ використовуються в колі негативного зворотного зв'язку за напругою. За допомогою резистора R3 регулюється коефіцієнт передачі зворотного зв'язку. Амперметр PA3 контролює струм в обмотці, який встановлюється за допомогою R4. Потік, створюваний обмоткою 0I,

направлений стрічно по відношенню до потоку, створюваного 0IV. При замиканні перемикача S1 відбувається алгебраїчне підсумовування сигналу завдання (потоку обмотки 0IV) і сигналу зворотного зв'язку (потоку обмотки 0I).

В сталому режимі ЕРС ЕМУ, а отже, швидкість обертання M2 визначається сумарним потоком ЕМУ, визначуваним як різниця потоків обмоток 0IV і 0I. При збільшенні M_c на валу M2 швидкість обертання M2 зменшується, а струм в якірному колі M2 збільшується. Через збільшення падіння напруги на активному опорі якоря ЕМУ зменшується напруга на якорі двигуна M2. Зменшується напруга, що знімається з резистора R3. Тому зменшується і потік, створюваний обмоткою 0I. Сумарний потік ЕМУ зростає, що приводить до зростання ЕРС ЕМУ, компенсуючому падіння напруги на активному опорі якоря ЕМУ і зменшуючому статичне падіння швидкості M2.

Обмотка 0II ЕМУ використовується в колі затриманого негативного зворотного зв'язку за струмом якоря M2. Як сигнал зворотного зв'язку, використовується падіння напруги на активному опорі компенсаційної обмотки КО і додаткових полюсів ДП ЕМУ. При замиканні перемикача S2 цей сигнал поступає на вузол струмового відсічки, виконаний на діодах VD7÷VD10. Опорна напруга на ВСО подається з резистора R5, який, у свою чергу, підключений до виходу трифазного випрямляча на діодах VD1÷VD6. Трансформатор TV знижує напругу мережі.

Опорна напруга з резистора R5 вимикає діоди VD7÷VD10. При збільшенні струму в якірному колі M2 падіння напруги на КО і ДП зростає. Припустимо, що в точці 27 полярність напруги позитивна по відношенню до полярності напруги в точці 29. При струмі якоря, рівному струму відсічки $I=I_{omc}$ напруга зворотного зв'язку перевищує опорну напругу. Вмикаються діоди VD7, VD10 і через обмотку 0II починає протікати струм. Його величина контролюється амперметром PA4. Потік, створюваний обмоткою 0II, направлений зустрічно по відношенню до потоку обмотки 0IV. Тому із збільшенням струму в якірному колі M2 збільшуватиметься потік обмотки 0II і

зменшується результуючий потік ЕМУ. Це у свою чергу приводить до зменшення ЕРС ЕМУ. При швидкості якоря $M2$, рівній нулю, струм в якірному колі $M2$ буде рівний струму стопоріння.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1. За допомогою електричної схеми установки розібрати всі режими роботи і механічні характеристики $M2$, одержувані, як в розімкненій, так і в замкнутій системі ЕМП-Д; принцип дії ЕМУ і агрегату навантаження .
2. На початку лабораторної роботи з'ясувати розташування основних елементів системи ЕМП-Д..
3. Зібрати вимірювальну частину схеми, яка включає амперметри $PA1 \div PA5$, вольтметри $PV1 \div PV2$, резистори $R1 \div R8$, перемикачі $S1 \div S2$, випрямлячі на діодах $VD1 \div VD10$. Рукоятки перемикачів $S1, S2$ повинні знаходитися в положенні «0».
4. Замкнути рубильник $Q1$. За допомогою $R7$ встановити номінальне значення струму в обмотці $LM2$.
5. Натиснути на кнопковий перемикач $SB3$ і включити контактор $KM2$. Визначити напрям переміщення повзунка $R1$, при якому струм в обмотці $0IV$ зростає. Перевести повзунок $R1$ в крайнє положення даного напрямку і, за допомогою $R2$, встановити струм в обмотці $0IV$ рівним $0,8A$. Потім повзунок $R1$ перевести в протилежний напрям.
6. Включити автоматичний вимикач $QF1$. Натиснути на кнопковий перемикач $SB1$ і запустити двигун $M1$.
7. Зняти верхню гілку характеристики холостого ходу ЕМУ $E_{ЕМУ}=f(I_{0N})$. За допомогою резистора $R1$ збільшувати струм в обмотці $0IV$, і через кожні $0,025A$ реєструвати покази $PV1$ до

- значення 250В. Після завершення дослідів повзунок R1 повернути в початковий стан.
8. Зняти нижню гілку характеристики холостого ходу ЕМУ, для чого натиснути на кнопковий перемикач SB4, а потім повторити дослід по п.7. Після завершення дослідів повзунок R1 повернути в початковий стан.
 9. Зняти електромеханічну характеристику двигуна M2 в розімкненій системі П-Д. Для чого в якірне коло G2 повністю ввести резистор R8. Перемикач S3 в колі живлення LG2 розімкнути. Включити автоматичний вимикач QF2. Збільшуючи за допомогою R1 струм в обмотці 0IV, встановити напругу на якорі M2 рівною 220В. Зафіксувати покази PA1 і PV2. Замкнути S3 і знов зафіксувати покази PA1 і PV2. Зменшуючи величину R8, через кожні 2-3А фіксувати покази PA1 і PV2. Струм в якірному колі M2 збільшувати до 15А. Після закінчення дослідів повзунок R1 і рукоятку R8 повернути в початковий стан, S3 розімкнути.
 10. Зняти електромеханічну характеристику M2 в розімкненій системі П-Д при іншому значенні задаючого сигналу. Для цього, збільшуючи за допомогою R1 струм в обмотці 0IV, встановити напругу на якорі M2 рівною 110В. Зафіксувати покази PA1 і PV2. Повторити дослід за п.9. Після закінчення дослідів повзунок R1 і рукоятку R8 повернути в початковий стан, S3 розімкнути.
 11. Зняти електромеханічну характеристику M2 в розімкненій системі П-Д при ослабленому потоці, для чого за допомогою R7 встановити в обмотці LM2 струм, рівний 0,5 від номінального значення. Потім за допомогою R1 встановити напругу на якорі M2, рівною 220В. Повторити дослід за п. 9. Після закінчення дослідів повзунки R7, R1 і рукоятку R8 повернути в початковий стан, S3 розімкнути.
 12. Зняти природну електромеханічну характеристику M2, для чого за допомогою R1 встановити напругу на якорі M2 рівним 220В.

- Зафіксувати покази PA1 і PV2. S3 замкнути. При цьому зменшуватимуться і покази PV1. За допомогою R1 встановити покази PV1 рівними 220В. Після цього зафіксувати покази PA1, PV2. Дослід повторити, зменшуючи величину R8 так, щоб покази PA1 збільшилися на 3-4А. Струм в якірному колі M2 збільшувати до 15А. Після завершення дослідів повзунок R1 і рукоятку R8 повернути в початковий стан, S3 розімкнути.
- 13.. Зняти електромеханічну характеристику M2 в замкнутій системі П-Д з негативним зворотним зв'язком по напрузі. Для цього рукоятку S1 перевести в положення «1». За допомогою R1 встановити напругу на якорі M2 рівною 220В. Зафіксувати покази PA1 і PV2. Повторити дослід за п.9. Після закінчення дослідів повзунок R1 і рукоятку R8 повернути в початковий стан, S3 розімкнути.
- 14.Зняти електромеханічну характеристику M2 в замкнутій системі П-Д із негативним зворотним зв'язком за напругою та із затриманим негативним зворотним зв'язком за струмом двигуна M2. Для цього рукоятку S2 перевести в положення «1». За допомогою R1 встановити покази PV1 рівними 220В. Зафіксувати покази PA1, PV2. Замкнути S3. Зменшуючи R8, по показах PA4 визначити струм відсічки. Зафіксувати покази PA1 і PV2. Збільшувати якірний струм M2 на 2-3А і фіксувати покази PA1, PV2. Після закінчення дослідів повзунок R1 і рукоятку R8 повернути в початковий стан.
- 15.Перевірити дію максимально-струмового реле КА в розімкненій системі П-Д. Для цього рукоятки S1, S2 перевести в положення «0». За допомогою R1 встановити на якорі M2 напругу 220В. Плавню зменшуючи величину R8, збільшувати струм в якірному колі M2 до моменту спрацьовування реле КА.

ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. Побудувати характеристику холостого ходу ЕМП і механічні характеристики двигуна в розімкненій і замкнутій системі ЕМП-Д.
2. Визначити величину статичного падіння швидкості M_2 на природній характеристиці, в розімкненій і замкнутій системі ЕМП-Д.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. *Поясніть роботу системи ЕМП-Д при пуску.*
2. *Поясніть роботу системи ЕМП-Д в гальмівних режимах.*
3. *Чим визначається величина статичного падіння швидкості в розімкненій системі ЕМП-Д?*
4. *Поясніть роботу замкнутої системи ЕМП-Д з негативним зворотним зв'язком за напругою перетворювача.*
5. *Поясніть роботу замкнутої системи ЕМП-Д з негативним зворотним зв'язком за швидкістю двигуна.*
6. *В якому випадку в замкнутій системі ЕМП-Д з негативним зворотним зв'язком за напругою буде отримана мінімальна величина статичного падіння швидкості?*
7. *Поясніть роботу замкнутої системи ЕМП-Д із затриманим негативним зворотним зв'язком за струмом якоря M_2 .*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗА СИСТЕМОЮ “НЕРЕВЕРСИВНИЙ ТИРИСТОРНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ -ДВИГУН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ”

МЕТА РОБОТИ – засвоїти принцип дії схеми керування та методи перевірки електромеханічних характеристик електроприводу за системою “Нереверсивний тиристорний випрямляч - двигун постійного струму”

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Функціональну схему електроприводу приведено на рис.5.1., а електричну принципову на рис.5.2. В її основу встановлений однофазний нереверсивний пристрій управління серії БУ 3509. Він призначений для живлення якірних кіл двигунів постійного струму потужністю до 11кВт, що використовуються в системах автоматизованого електроприводу металоріжучих верстатів і інших технологічних механізмів.

Пристрій управління складається з силової частини і системи управління і є конструкцією відкритого виконання з одностороннім обслуговуванням. Елементи силової частини змонтовані на вертикальній панелі, а елементи системи управління розміщені на поворотній передній платі з печатним монтажем. Для зручності наладки і перевірки роботи системи управління на платі передбачені контрольні виводи для індикації стану окремих вузлів. Плата управління з'єднується з елементами силової частини гнучким джгутом за допомогою роз'ємного з'єднання Ш2.

Живлення пристрою керування здійснюється через контакти 1, 2 клемної колодки Ш1 від мережі 380В частотою 50Гц. Допустимі відхилення параметрів мережі по напрузі - $\pm 10\%$, по частоті - $\pm 2\%$. Автоматичний вимикач QF1, магнітний пускач KM1 і кнопки SB1, SB2 забезпечують можливість

дистанційного керування подачею напруги.

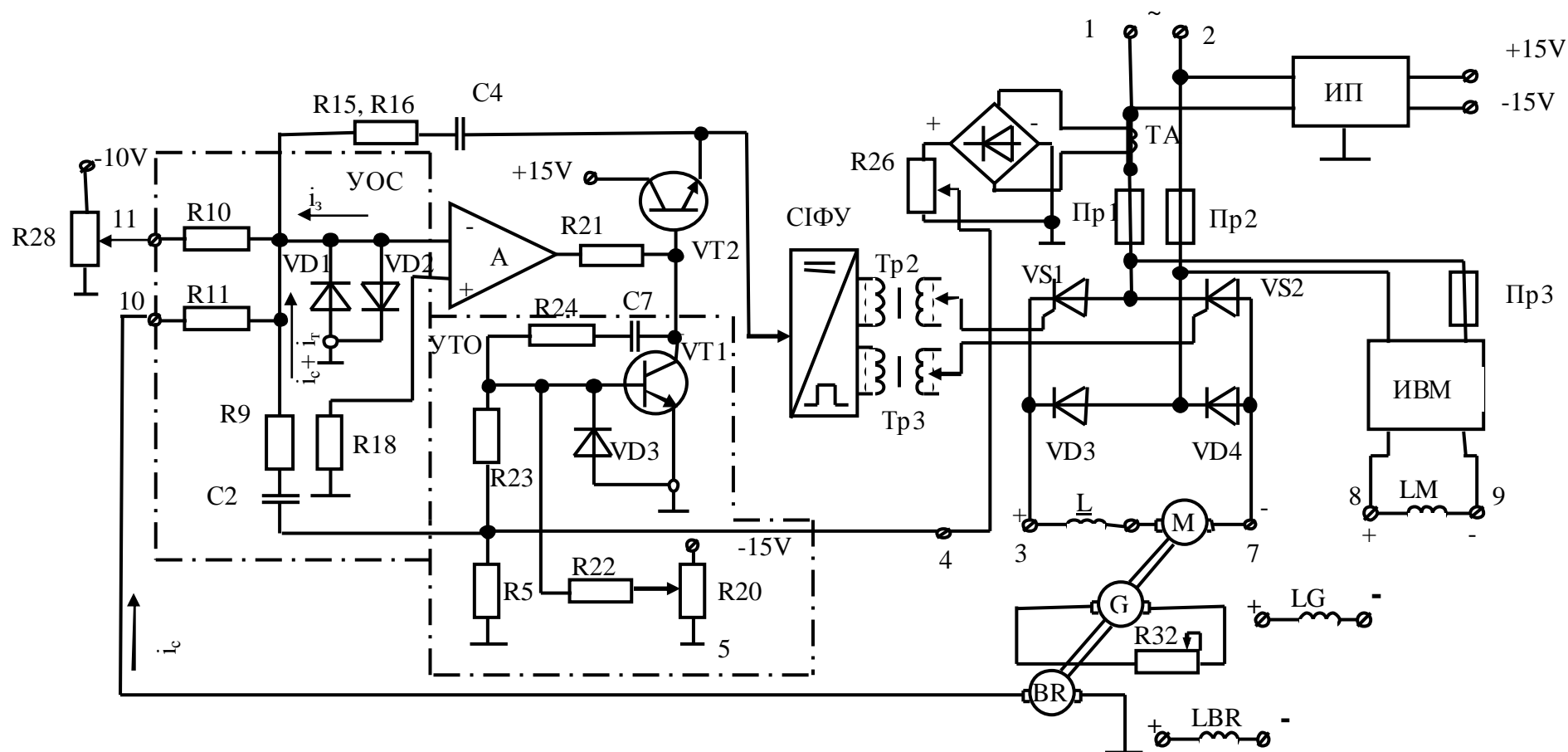


Рис. 5.1. - Функціональна схема установки

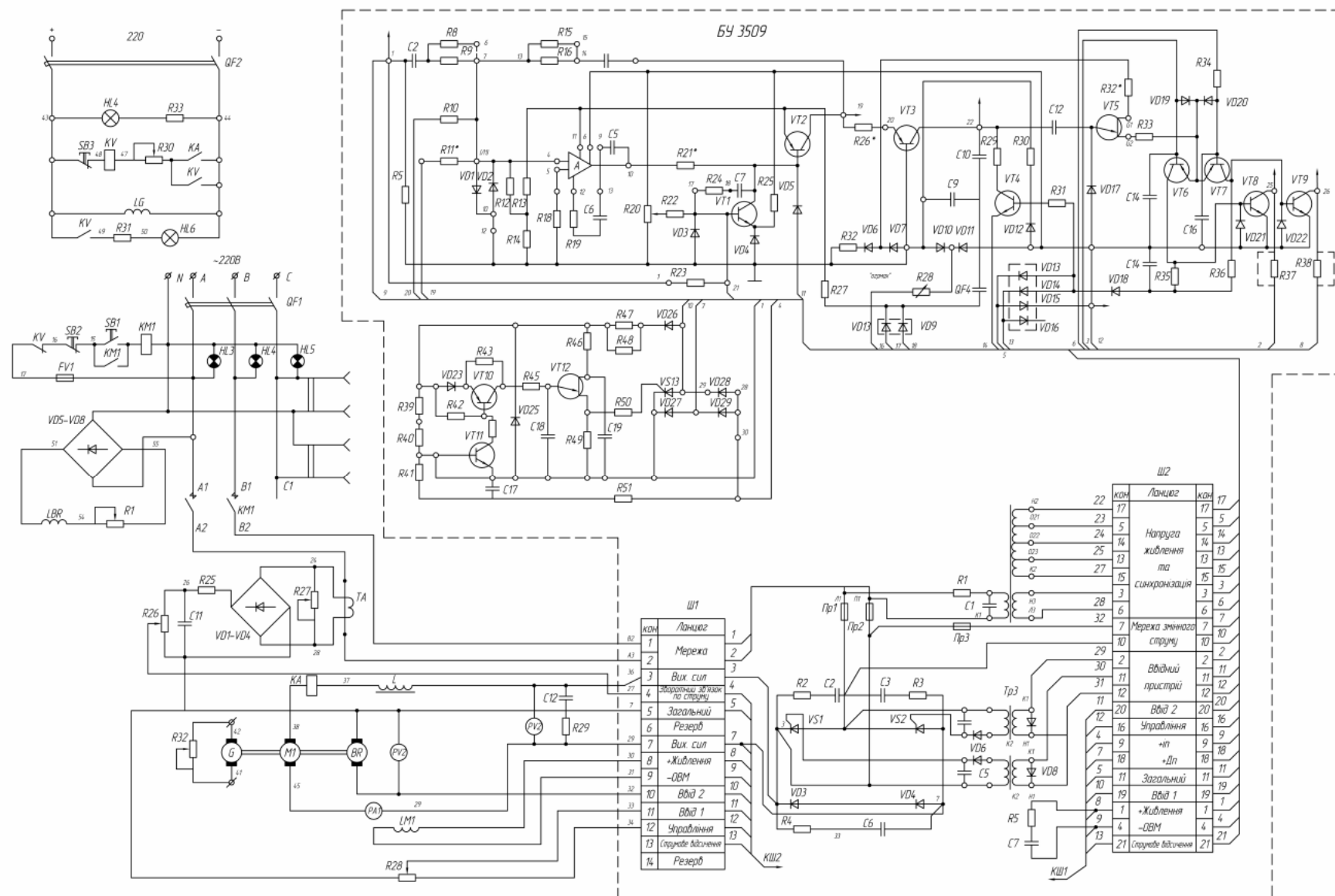


Рис. 5.2. – Электрична принципова схема ТП-Д

В силовій частині пристрою як керований перетворювач використовується випрямляч, зібраний за однофазною мостовою схемою на тиристорах VS1, VS2 і діодах VD3, VD4. До виходу перетворювача (контакти 3, 7 Ш1) підключений якір двигуна M1. В якірне коло двигуна M1 включений дросель L, обмежуючий пульсації якірного струму. Запобіжники Пр1, Пр2 забезпечують захист тиристорів і діодів від коротких замикань, а RC - кола C3,R3; C2,R2; C6,R4; C7,R5 – від мережних і комутаційних перенапружень. Запобіжник Пр3 захищає від коротких замикань джерело напруги для обмотки збудження LM1 двигуна, який виконано на діодах VD27÷VD29 і тиристорі VS13 і розташовано на платі системи управління. Підключення LM1 до напруги джерела здійснюється через контакти 8, 9 Ш1.

Систему управління побудовано за замкнутим принципом. Вона складається (див. рис. 5.1.) з астатичного інтегро-пропорційного регулятора швидкості А, головного зворотного зв'язку за швидкістю і гнучкого зворотного зв'язку за струмом якоря, з'єднаних у вузол зворотних зв'язків (ВЗЗ), вузла струмообмеження (ВСО), системи імпульсно-фазового управління (СІФУ), джерела живлення (ДЖ) і джерела живлення для обмотки збудження машини (ДЖМ).

Регулятор швидкості А виконано на операційному підсилювачі. На інверсному вході підсилювача здійснюється алгебраїчне підсумовування струму завдання i_z і струмів зворотних зв'язків за швидкістю i_c і струму якоря i_m . Вихід регулятора А є сполучений з входом СІФУ через емітерний повторювач на VT2, що підвищує навантажувальну здібність регулятора. Для отримання астатичного закону регулювання швидкості регулятор охоплений зворотним активно-ємнісним зв'язком, виконаним за допомогою резисторів R15, R16 і ємності C4.

Величина струму завдання регулюється за допомогою задаючого потенціометра R28, що підключається до контактів 11, 12, 5 Ш1. Контакт 5 є загальною точкою схеми.

Як датчик швидкості використовується тахогенератор BR. Оскільки з R28 знімається негативна напруга, то тахогенератор підключений до БУ 3509 таким чином, що до контакту 10 ШІ прикладається позитивна, а до контакту 5 ШІ – негативна напруга.

Датчик струму складається з трансформатора струму ТА, випрямляча на діодах VD1÷VD4 і резистора R26. При збільшенні якірного струму двигуна збільшується і струм, споживаний перетворювачем з мережі. Тому напруга, що знімається з R26, буде пропорційна якірному струму М. Як і датчик швидкості, датчик струму підключений до БУ 3509 так, щоб до контакту 4 ШІ прикладалася позитивна, а до контакту 5 ШІ – негативна напруга.

У вузол зворотних зв'язків напруга з датчика струму прикладається через конденсатор C2 і резистор R9. Тому сигнал зворотного зв'язку за струмом i_m поступатиме в УОС тільки в перехідних режимах, коли змінюється струм якоря М і конденсатор C2 перезаряджається.

Вузол струмообмеження грає роль затриманого зворотного зв'язку за струмом двигуна. Він виконаний на транзисторі VT1, який включений паралельно виходу регулятора швидкості. В початковому стані VT1 є закритий негативною напругою, що знімається з резистора R20. Величина цієї напруги визначає значення струму уставки.

На базу VT1 через резистор R23 подається позитивна напруга з виходу датчика струму. При збільшенні струму якоря М збільшується і напруга, що знімається з R26. Коли струм якоря М перевищить струм уставки, позитивна напруга датчика струму перевищить негативне, що знімається з R20, транзистор VT1 відкриється і зашунтує вихід регулятора швидкості.

Регулювання величини ЕРС перетворювача E_n здійснюється за допомогою СІФУ. До складу СІФУ входять: генератор пилкоподібної напруги, синхронізуючий пристрій, нуль-орган, розподільник і підсилювач імпульсів. Діаграми напруг, пояснюючі роботу СІФУ, приведені на рис.5.3.

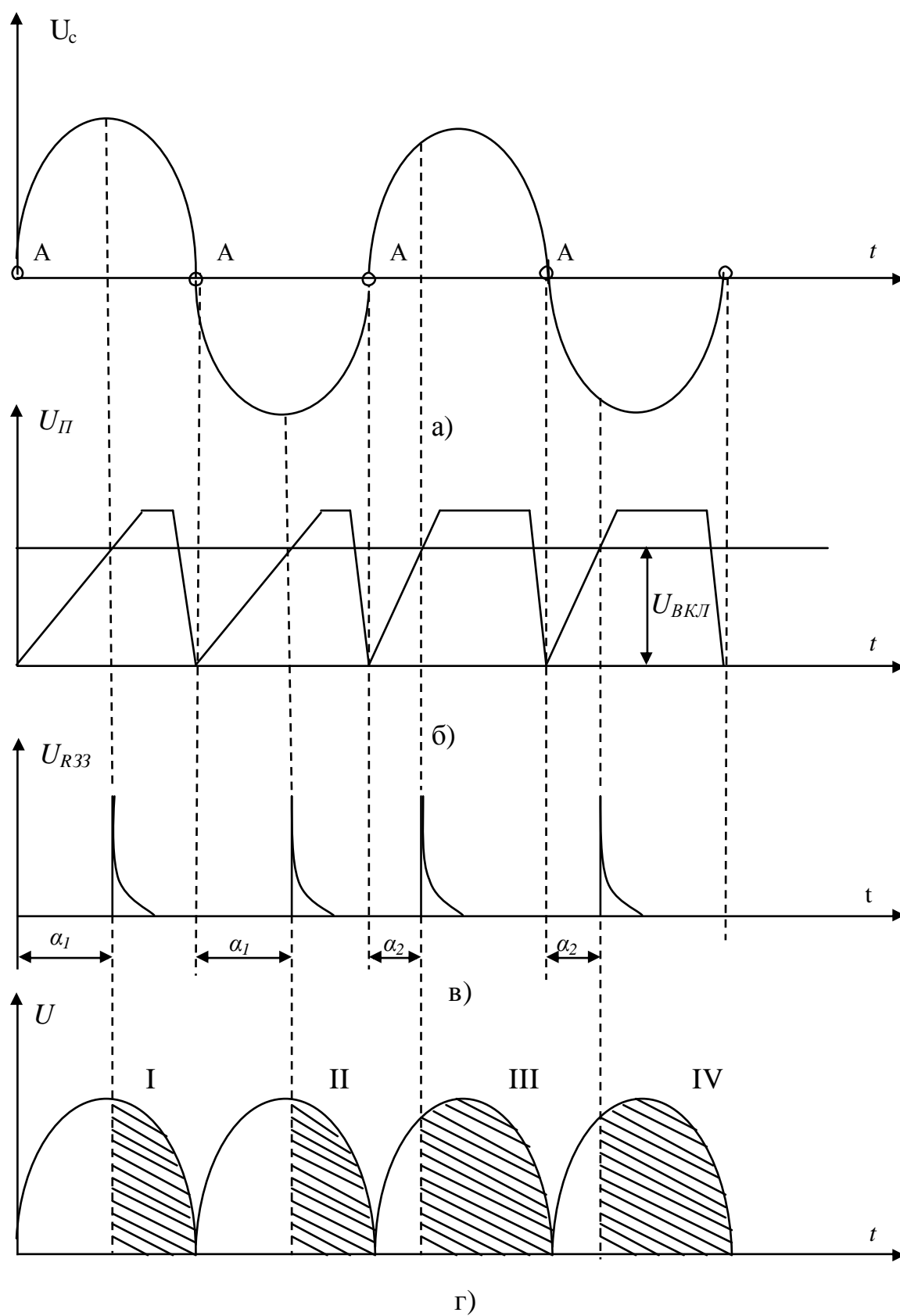


Рис.5.3. - а) вхідна напруга перетворювача;
 б) пилообразна напруга генератора;
 в) керуючі імпульси тиристорів;
 г) випрямлена напруга перетворювача.

На рис.5.3а приведено синусоїду напруги U_c , що поступає на перетворювач силової частини БУ 3509. Верхні напівперіоди синусоїди є провідними для VS1 і VD4, а нижні – для VS2 і VD3. В обох випадках струм протікає від катодів VS1, VD3 через дросель L і якір M до анодів VS2, VD4. Тому контакт 3 ШІ позначений як «+Вихід силовий», а контакт 7 ШІ – як «-Вихід силовий». Напруга між цими контактами є випрямленою напругою перетворювача U . Регулювання її величини здійснюється за рахунок зміни положення за фазою управляючих імпульсів для VS1, VS2 щодо точок природної комутації тиристорів. На рис.5.3а ці точки позначені буквою А. Кількісно положення управляючих імпульсів характеризується величиною кута управління α .

На рис.5.3б зображена пилкоподібна напруга U_n , що виробляється генератором, зібраним на транзисторі VT3 і конденсаторі C10 (див. рис.5.2.). Конденсатор C10 заряджає до напруги джерела на стабілітронах VD10, VD11 струмом, що протікає через перехід база-колектор VT3. Час заряду C10 залежить від величини струму заряду, який, у свою чергу, визначається величиною сигналу управління на виході регулятора швидкості. Цей сигнал прикладається до переходу база-емітер VT3. При його збільшенні струм заряду C12 також збільшується, а час заряду – зменшується.

Збіг у часі (синхронізацію) напівперіодів живлячої напруги з пилкоподібною напругою забезпечує синхронізуючий пристрій, виконаний на транзисторі VT4 і трансформаторі Tr1.

Вивід 022 вторинної обмотки H2-K2 Tr1 сполучений з емітером, а виводи 021 і 023 – з базою VT4. Напруги на виводах 021, 023 по відношенню до виводу 022 знаходяться у протифазі. Негативні напівперіоди цих напруг через діоди VD13, VD14 прикладаються до бази VT4 і закривають його. Проте, у момент переходу напруги мережі через нуль замикаюча напруга на базі VT4 також рівна нулю. Тому VT4 в кінці кожного напівперіоду відкривається позитивною напругою з дільника R30, R31 і розряджає C10.

Як нуль-орган або пороговий елемент в СІФУ використовується одноперехідний транзистор (двохбазовий діод) VT5. В загальному випадку на вході нуль-органу порівнюються два сигнали. При рівності цих сигналів за величиною з'являється сигнал на виході нуль-органу.

До бази 2 (Б2) VT5 через резистор R32 від джерела на стабілітронах VD7, VD10, VD11 прикладається напруга в 20В, яке і визначає величину однієї з вхідних напруг нуль-органу – напруга включення $U_{\text{вкл}}$ VT5. Другою вхідною напругою нуль-органу є пілкоподібна напруга з C10, що прикладається до емітера VT5. До тих пір, поки пілкоподібна напруга менше напруги включення, VT5 є закритий. У момент досягнення пілкоподібною напругою величини напруги включення VT5 відкривається і через перехід емітер-база 1 VT5 і резистор R33 починає протікати струм. Одночасно з цим заряджає конденсатор C12. Напруга на ньому підсумовується з напругою включення VT5, рівність величин порівнюваних напруг порушується і VT5 закривається. На резисторі R33 формується імпульс (див. рис.5.3.в), який і є імпульсом управління для VS1, VS2. Як і C10, конденсатор C12 розряджається через VT4 в кінці кожного напівперіоду живлячої напруги.

На тиристор, для якого даний напівперіод живлячої напруги є провідним (до анода тиристора прикладається позитивний потенціал), управляючий імпульс подається за допомогою розподільника імпульсів, виконаного на транзисторах VT6, VT7. Тому буде відкритий той з транзисторів, до бази якого прикладається позитивний потенціал. Через перехід емітер-колектор цього транзистора імпульс управління з R33 поступає на один з підсилювачів, виконаних на VT8, VT9. Навантаженням підсилювачів імпульсів є первинні обмотки імпульсних трансформаторів Tr2 і Tr3. Трансформатори служать для потенційного розділення головних кіл і кіл системи керування. З повторних обмоток трансформаторів управляючі імпульси подаються на перехід «управляючий електрод – катод тиристорів».

На рис.5.3.г приведено діаграму випрямленої напруги перетворювача. Заштриховані частини напівперіодів відповідають включеному стану

тиристорів. Напівперіоди I і II виходять при куті управління α_1 . Із збільшенням сигналу на виході регулятора швидкості збільшиться струм заряду C10. Тому пілкоподібна напруга досягне величини напруги включення $U_{вкл}$ VT5 за менший проміжок часу. Кут керування тиристорами також зменшиться і стане рівним α_2 . Час включеного стану тиристорів, а отже, і величина випрямленої напруги перетворювача збільшаться. На діаграмі випрямленої напруги напівперіоди III і IV відповідають куту керування α_2 .

Джерело живлення системи керування підключене до клем Н2, 021 вторинної обмотки Tr1. Первинна обмотка Tr1 підключена до мережі через фазозсувне коло R1, C1, необхідне для зменшення впливу нелінійних спотворень мережі на роботу СИФУ.

Живлення регулятора і СИФУ здійснюється стабілізованою двуполярною напругою, яка щодо загальної точки схеми (контрольна точка 12) має величину $\pm 15\text{В}$, а контрольна точка 23 – потенціал -15В . Відповідний вузол зібраний на стабілітронах VD6, VD7, VD10, VD11, конденсаторах C8, C9 і резисторі R27.

Джерелом напруги для задаючого потенціометра R28 служить стабілітрон VD10. Щодо точки 12 напруга джерела має потенціал -10В . Резистор R28 системи управління, включений послідовно із задаючим потенціометром R28, обмежує максимальну величину струму завдання, тобто обмежує максимальну швидкість двигуна.

Підсилювачі імпульсів VT8 і VT9 живляться нестабілізованою напругою $+5\text{В}$, -15В . Відповідні джерела зібрані на елементах VD15, VD16, C13 і VD13, VD14, VD18, C14.

Джерело напруги для обмотки збудження виконано стабілізованим і забезпечує зміну напруги на навантаженні не більше $\pm 2\%$ при коливаннях напруги мережі в межах $-15\% \div +10\%$ номінального значення.

Силовa частина IBM (див. рис.5.2.) виконана на однофазній мостовій схемі на тиристорі VS13 і діодах VD27... VD29.

Система імпульсно-фазового управління для VS13 включена паралельно переходу «катод – керований електрод тиристора». Принцип її дії аналогічний

розглянутому вище: конденсатор C18 заряджає до напруги включення порогового елемента – одноперехідного транзистора VT12 з подальшим розрядом через резистор R50 на управляючий перехід VS13. Рівень спрацьовування VT12 визначається величиною напруги на базі 2, яка подається із стабілізованого джерела на резисторах R47, R48 і стабілітронах VD25, VD26.

Змінюючи струм заряду C18, можна регулювати кут керування VS13. Величина струму заряду C18 визначається струмом колектора VT10. У свою чергу, керування струмом колектора VT10 здійснюється за допомогою транзистора VT11. Резистор R40 виконаний змінним і вибирається так, щоб напруга на обмотці збудження була рівною номінальному.

Стабілізація напруги забезпечується завдяки наявності зворотного зв'язку за напругою перетворювача, яку виконано на елементах R41, R51, C17.

ПРОГРАМА РОБОТИ ТА ПОРЯДОК ЇЇ ВИКОНАННЯ

1. В процесі підготовки до проведення лабораторної роботи вивчити принципову електричну схему установки. За її допомогою вивчити склад і принцип дії пристрою БУ 3509, режими роботи і характеристики М1.
2. На початку лабораторної роботи з'ясувати розташування елементів головного кола, кіл керування і елементів вимірювальної частини установки. Рукоятки автоматичних вимикачів QF1, QF2 повинні знаходитися в положенні «0», задаючий потенціометр R28 – в крайньому лівому положенні.
3. Відповідно до принципової схеми установки на мал.6 перевірити правильність підключення зовнішніх кіл до клемної колодки Ш1 БУ 3509.
4. Перевірити напруги джерел живлення і справність СІФУ. Для цього при відключеному вимикачі QF1 видалити плавкі вставки запобіжників Пр1, Пр2, Пр3. Плату системи керування за допомогою подовжувача розташувати на столі лабораторної установки.

Потім включити QF1 і магнітний пускач КМ1 і на контрольних точках

плати системи керування виміряти напруги джерел живлення. Напруга в точці 21 за відношенням до точки 12 повинна бути позитивною і рівною +15В. При цьому обидві напруги не повинні відрізнятися від номінальних значень на +10% і -25%.

Напруга на контрольних точках 23, 24 повинна бути рівною +15В і не відрізнятися від номінального значення на +30% і -10%.

Для перевірки справності СІФУ за допомогою електронного осцилографа перевірити наявність керуючих імпульсів тиристорів VS1, VS2.

Осцилограф підключають до точок 23, 25 і 23, 26 при середньому положенні движка задаючого потенціометра R28.

5. Після закінчення цих перевірок відключити QF1, встановити плавкі вставки Пр1, Пр2, Пр3 і плату системи управління на БУ 3509. Відключити якірне коло М1 від виходу перетворювача. Для цього від контакту 3 або 7 клемної колодки Ш1 необхідно від'єднати зовнішній провідник. Потім включити QF1 і KM1 і зміряти напругу на обмотці збудження М1. Підбором резистора R40 добитися значення напруги, що вимагається.
6. Для установки вимагається струмообмеження відключити від джерела напруги обмотку збудження М1. Для цього від контакту 8 або 9 клемної колодки Ш1 необхідно від'єднати зовнішній провідник. За допомогою резистора R20 на платі системи управління встановити мінімально можливу величину напруги, замикаючої VT1. Для цього перевести R20 в крайнє праве положення. Задаючий потенціометр R28 перевести в крайнє ліве положення. Включити QF1 і KM1. Потенціометр R28 перевести в середнє положення. За допомогою R20 збільшувати напругу, замикаюче VT1, і, контролюючи по амперметру PA1 величину якірного струму М1, встановити його рівним номінальному. Перевести R28 в крайнє ліве положення, відключити QF1 і підключити обмотку збудження до джерела напруги, підключивши зовнішні провідники до контактів Ш1.

7. Провести регулювання системи управління при включенні всього пристрою в цілому. Для цього включити QF1 і KM1 і за допомогою R28 задати мінімальну швидкість обертання M1. За наявності автоколивань встановити перемиčku між контрольними точками 6-7 на платі керування. Тим самим резистори R7, R8 виявляться включеними паралельно, що змінить параметри корегуючого гнучкого зворотного зв'язку за струмом. Окрім цього, усунення автоколивань можливе за допомогою зміни параметрів зворотного зв'язку, що охоплює регулятор швидкості. Для пристрою БУ 3509 з номінальним струмом 25 А опір резистора R16 може змінюватися від 10 до 120 кОм, а ємність конденсатора C4 – від 0,47 до 1,5 мкФ.
8. Зняти електромеханічні характеристики двигуна при різних значеннях сигналу завдання. Для цього підключити до якоря генератора реостат навантаження R32 і повністю ввести його. Збільшуючи сигнал завдання, встановити за вольтметром PV1 напругу на якорі M рівною 220 В. Зафіксувати свідчення амперметра PA1 і вольтметра PV2. Включити QF2 і знов зафіксувати покази PA1 і PV2. Зменшуючи опір реостата навантаження R32 і, збільшуючи якірний струм M до 15 А, заміряти струм і швидкість M ще в 3-4 точках. Після завершення дослідів рукоятку R32 перевести в початкове положення і вимкнути QF2.
Повторити дослідів при напрузі на якорі M, рівній 100 В і 50 В.
9. Після закінчення лабораторної роботи перевести R28 в крайнє ліве положення, відключити QF1 і QF2.

ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

1. На підставі отриманих експериментальних даних побудувати електромеханічні характеристики електроприводу.
2. Визначити діапазон регулювання швидкості електроприводу і розглянути можливості його розширення.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1. Поясніть пристрій і принцип дії двигуна постійного струму з незалежним збудженням.*
- 2. Назвіть способи регулювання швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням.*
- 3. Поясніть пристрій і принцип дії силової частини БУ 3509.*
- 4. Поясніть пристрій і принцип дії СІФУ.*
- 5. Поясніть роботу розімкненої системи П-Д.*
- 6. Поясніть роботу замкненої системи П-Д з головним зворотним зв'язком за швидкістю і статичним регулятором швидкості.*
- 7. Поясніть принцип дії астатичного регулятора швидкості.*
- 8. Поясніть призначення і принцип дії гнучкого зворотного зв'язку за струмом якоря.*
- 9. Поясніть призначення і принцип дії струмового відсічення.*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗА СИСТЕМОЮ «РЕВЕРСИВНИЙ ТИРИСТОРНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ – ДВИГУН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ»

МЕТА РОБОТИ - вивчення принципу дії реверсивного тиристорного електропривода (ТЕП) та методів його налагодження.

ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Реверсивний ТЕП може працювати в рушійному і гальмівному режимах. У рушійному режимі ТЕП перетворює електроенергію у механічну роботу, наприклад, для підйому вантажу. Гальмівний режим, наприклад, при опусканні вантажу характеризується перетворенням механічної енергії в електричну і реалізується способами противмикання або рекуперативному.

У режимі противмикання електропривод при опусканні вантажу споживає електроенергію із мережі і тиристорний перетворювач працює у режимі випрямляча.

У рекуперативному режимі електропривод перетворює механічну енергію вантажу, що опускається, в електроенергію і віддає її в мережу. Тиристорний перетворювач працює в режимі інвертора.

ПРОГРАМА РОБОТИ

- 1.Налагодження уставки обмеження струму якоря двигуна.
- 2.Налагодження оптимальних перехідних процесів за струмом якоря при пусках і зняття осцилограм перехідних процесів.
- 3.Визначення точності стабілізації швидкості при зміні навантаження.
- 4.Побудувати електромеханічні характеристики електропривода в рушійному, рекуперативному і противмикання режимах.

ОПИС ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Схема установки изображена на рис. 6.1 содержит в себе два реверсивных тиристорных электропривода: первый, серии ЕПУ2-2, — исследуемый, другой, серии БУ3609, — для создания нагрузки первому.

В электропривод ЕПУ2-2 входит блок ввода, блок реверсивного тиристорного выпрямителя UZ_1 , двигатель M_1 с дроселем L_1 и амперметром PA_1 , тумблер SA_1 выбора направления вращения, задавач RP_1 скорости, тахогенератор BR_1 и вольтметр PV_1 для измерения скорости. Цена деления $1B=10$ об./хв.

В электропривод БУ3609 входит блок реверсивного тиристорного выпрямителя UZ_2 , работающего в режиме джонсона тока, двигатель M_2 , работающий в режиме джонсона момента, тумблер SA_2 для изменения направления тока i , отже, момента, задавач RP_2 тока нагрузки.

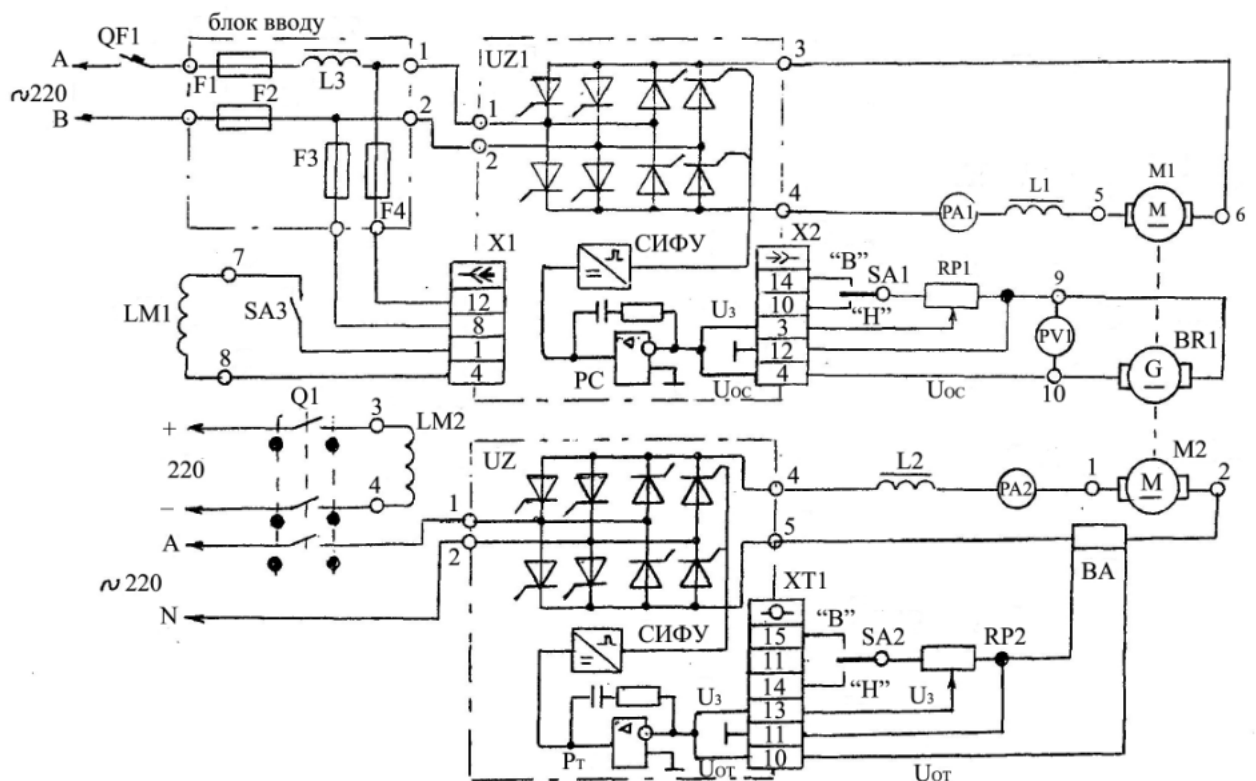


Рис. 6.1. - Схема экспериментальной установки.

функції швидкості. Зростання K_{DA2} відбувається таким чином. Напруги з R6 і з R22 протилежного знаку. В момент пуску напруга з R22 "пробиває" діоди V6-V8 і $K_{DA2}=(R22+R17)/R16$. З ростом швидкості до діодів прикладається менша напруга U_{DA2} -Uш і не може "пробити" всіх діодів. Спочатку закривається V6 і $K_{DA2}=R18/R10=2$, потім закривається V7 і $K_{DA2}=R19/R10=10$ і далі закривається V8 $K_{DA2}=R21/R27=18$.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Знайти на лабораторному стенді всі елементи схеми, початкове положення яких таке:

вимикачі QF1, Q1 вимкнені;

тумблери SA1, SA2 у середньому положенні;

потенціометри RP1, RP2 повернуті проти годинникової стрілки до упору;

осі резисторів R5 і R15, розташованих на платі керування, повернути до упору відповідно проти- і за годинниковою стрілкою.

2. Налагодження уставки струмообмеження якоря.

2.1. Тумблери SA1, SA2 поставити в положення відповідно "Н" і "Вимкнено", вісь резистора RP1 повернути за годинниковою стрілкою до упору.

2.2. Ввімкнути вимикач QF1. Плавнo повертаючи вісь резистора R15 проти годинникової стрілки встановити за амперметром PA1 струм 6А. Перевести SA1 в положення "В" і записати отримане значення струму. Вимкнути QF1.

3. Налаштування оптимальної діаграми струму при пусках електропривода.

3.1. Ввімкнути осцилограф і з'єднати його вхід паралельно амперметру PA1. Встановити режим роботи осцилографа: вхідний подільник напруги поставити в положення 0,01 В/см ; перемикач швидкості променя в положеннях 0,5 сек/см. Повернути вісь RP1 за годинниковою стрілкою до упору.

3.2. Ввімкнути QF1. У момент появи променя на екрані осцилографа ввімкнути тумблер SA1 в положення "В", спостерігаючи при цьому

осцилограму струму, яка має форму трапеції, тому що в процесі розвинення швидкості двигуна струм зменшується. Намалювати отриману осцилограму. При необхідності дослід повторити. Вимкнути SA1 і повернути вісь резистора K6 за годинниковою стрілкою на 10-20°, ввімкнути SA1 і повторювати дослід, поки осцилограма струму матиме форму, близьку до прямокутника. Вимкнути QF1.

4. Зняття електромеханічних характеристик.

4.1. Ввімкнути вимикачі QF1 і QF2. Поставити тумблери SA1 в положення "Н", а SA2- "В", резистором RP1 встановити швидкість, задану викладачем. Повертаючи резистор RP2 до упору, встановлювати за амперметром значення струму з кроком 1А, записуючи при цьому відповідні значення швидкості, в тому числі після переходу електропривода в режим противмикання.

4.2. Повернути вісь RP2 в початкове положення і перевести тумблер SA2 в положення "В". Повертати вісь RP2 за годинниковою стрілкою до моменту, коли струм за амперметром PA1 дорівнює нулю. Записати значення швидкості при цьому, далі повернути вісь RP2 за годинниковою стрілкою до упору і записати при цьому значення швидкості. Вимкнути QF1, Q1.

4.3. Результати експериментів звести в підсумкову таблицю 6.1.

Таблиця 6.1

Режим роботи електропривода	Рушійний				Противмикання				Рекуперативний			
Струм якоря												
Швидкість, об./хв.												
Помилка регулювання												

Встановити максимальну швидкість електропривода і провести аналогічні досліді.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1.Що називають рушійним режимом електропривода ?
рекуперативним ? противмикання ?*
- 2.Як регулюється уставка струмообмеження ?*
- 3.Чому при розгоні двигуна його струм зменшується ?*
- 4.Як визначається точність стабілізації швидкості ?*
- 5.Якого типу регулятор швидкості використаний в електроприводі ?*
- 6.Назвіть, способи реверсування двигуна постійного струму ?*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОНІЗОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

МЕТА РОБОТИ – вивчення схеми автоматичного пуску та дослідження енергетичних характеристик асинхронного двигуна з фазний ротором.

ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Асинхронні двигуни з фазним ротором можуть працювати в режимі подвійного живлення, коли електроенергія від мережі підводиться як до статорних, так і до роторних обмоток. При цьому на статорні обмотки подається напруга U_1 , постійної амплітуди і частоти f_1 , а на роторні обмотки - напруга, регульована по амплітуді і частоті у відповідному відношенні

$$\frac{U_2}{f_2} = const$$

При цьому обертальні магнітні поля статора і ротора можуть обертатися в одному або протилежних напрямках. В першому випадку швидкість регулюється вниз від основної збільшенням напруги і частоти, а в другому випадку швидкість регулюється вгору від основної. Якщо магнітні поля статора і ротора обертаються в одному напрямку, то при зменшенні частоти f_2 швидкість ротора зростає і при $f_2=0$, що відповідає живленню обмоток ротора постійним струмом, вона досягає швидкості обертового магнітного поля статора.

Асинхронний двигун починає працювати в режимі синхронного двигуна. При певному значенні постійного струму збудження в обмотці ротора двигун працює з $\cos\varphi = 1$, тобто не споживає з мережі реактивної потужності, а при подальшому його збільшенні працює з випереджаючим $\cos\varphi$, тобто генерує в мережу реактивну потужність. Важливо зазначити, що струми статора і ротора при цьому не повинні перевищувати номінальних значень.

Застосування синхронізованого асинхронного двигуна для генерації реактивної потужності має переваги над конденсаторними батареями, тому що дозволяє її плавне регулювання. Але втрати потужності на генерацію реактивної енергії для двигуна більші, ніж для конденсаторних батарей. Тому синхронний режим двигуна доцільно застосувати у механізмах з тривалим режимом роботи, нечастими пусками і потужністю більше 200 кВг.

ПРОГРАМА РОБОТИ

1. Вивчити принципову схему керування синхронізованим асинхронним двигуном.

2. Провести експеримент по вимірюванню струму статора і коефіцієнта потужності при зміні струму збудження в обмотці ротора.

3. Розрахувати складові повної потужності двигуна і втрати потужності на генерацію реактивної енергії.

4. Побудувати в одній системі координат графіки залежності струму статора, активної і реактивної потужностей двигуна, коефіцієнта потужності і втрат потужності на генерацію реактивної енергії від струму збудження в обмотці ротора.

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Схема експериментальної установки зображена на рис.7.1 і рис.7.2. Силова схема установки /див.рис.7.1/ містить в собі автоматичні вимикачі QF1, QF2 вимірювальні прилади: фазометр Рф1 і амперметр РА1 ввімкнуті у вторинну обмотку трансформатора струму ТА1, асинхронний двигун М1, в коло ротора якого ввімкнуті додаткові активні опори R1, R2 і котушка реле ковзання КТ3, керований випрямляч UZ1 до виходу якого ввімкнуті амперметр РА2, котушка реле струму КА1 і згладжуючий дросель L1. Схема керування двигуном /див. рис .7.2/ вмикається в мережу через

автоматичний вимикач QF2 і рубильник Q1 і містить в собі сукупність магнітних пускачем, реле напруги і часу.

Пуск двигуна відбувається після вмикання вимикачів QF1, QF2, та рубильника Q натисканням на кнопку SB1 "Пуск". Після чого спрацьовує магнітний пускач KM1 і своїми силовими контактами KM1.1 з'єднує статор двигуна з мережею. Його блок-контакт KM1.2 подає напругу на котушки реле часу KT1 і реле напруги KV1, а блок-контакт KM1.3 розмикає коло котушки реле часу KT2. Спрацьовує реле напруги KV1 і своїм контактом K1.1 шунтує контакт кнопки SB1.

Обмотка статора двигуна створює оберতальне магнітне поле, яке індукуює електрорушійну силу /ЕРС/ в обмотках ротора, спрацьовує реле ковзання KT3 і своїм контактом KT3.1 вмикає коло котушки магнітного пускача KM4 під напругу, силові контакти KM4.1 якого з'єднують обмотку ротора з додатковими опорами R1 і R2. З'являється крутний момент і ротор двигуна починає крутитися, збільшуючи кутову швидкість, відповідну до першої штучної механічної характеристики.

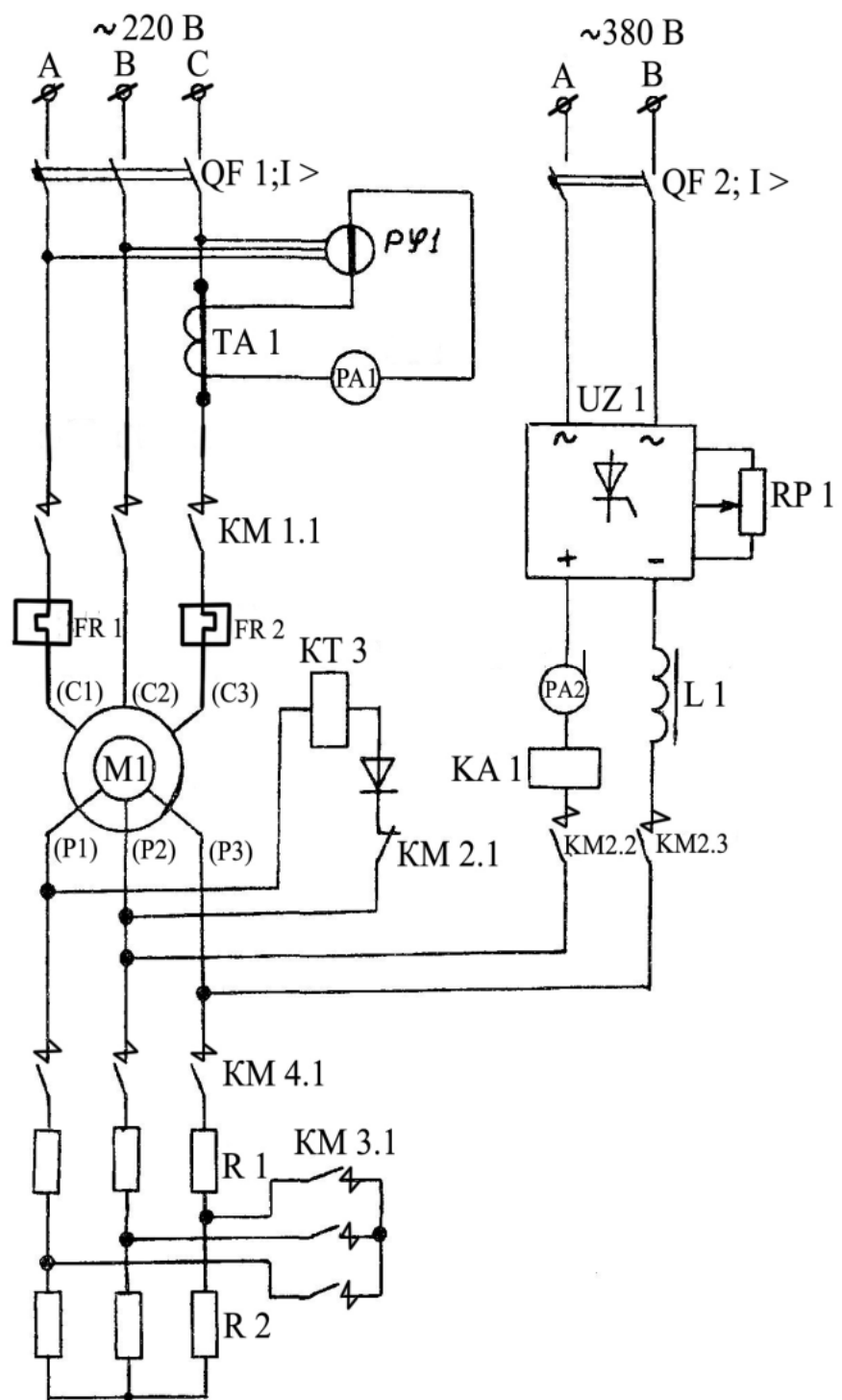


Рис. 7.1. - Силова схема експериментальної установки.

З витримкою часу відпадає якір від осердя реле часу КТ2 і замикає свій контакт КТ2.1 в колі котушки магнітного пускача КМ3, після спрацювання якого контакти КМ3.1 шунтують додатковий опір R2 двигун продовжує розгін по другій штучній механічній характеристиці. При збільшенні швидкості ротора зменшується амплітуда і частота ЕРС обмотка ротора і при значенні швидкості 95% від синхронної якір реле ковзання КТ3 відпадає від осердя. При цьому замикається контакт КТ3.2 в колі котушки магнітного пускача КМ2 і розмикається контакт КТ3.1 в колі котушки магнітного пускача КМ4, силові контакти КМ4.1 якого вимикають опори R1, R2 з кола обмотки ротора, а блок-контакти КМ4.2 замикають коло живлення котушки магнітного пускача КМ2. Після спрацювання КМ2 його силові контакти КМ2.2 і КМ2.3 з'єднують обмотки ротора з виходом тиристорного випрямляча VZ1, в колі ротора з'являється постійний струм і асинхронний двигун переходить в режим синхронного. Спрацьовує реле струму КА1 і своїм контактом КА1.1 шунтує контакти кнопки SB1. Далі з витримкою часу спрацьовує реле часу КТ1, розмикаючи свої контакти КТ1.1 в колі котушки реле напруги KV1, і його контакт KV1.1 розмикається. Якщо за час витримки реле КТ1 двигун не увійде в режим синхронного, то він вимикається від напруги. Це так званий захист двигуна від затяжного пуску.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Складові потужності двигуна розраховують по відомим формулам з урахуванням діючого значення лінійної напруги

$$U_1 = 220\text{В:}$$

$$P = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3} U_1 I_1 \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

де I_1 - струм фази статора.

Втрати потужності в обмотках статора двигуна від споживання і генерації реактивної потужності визначають по формулі

$$\Delta P = \frac{Q^2 R_1}{U_1^2}$$

де R_1 - активний опір фази статора, $R_1=0,45$ Ом.

Результати вимірів та розрахунків звести в табл. 7.1

Таблиця 7.1

Виміри			Розрахунки			
Струм ротора	Струм статора	Коефіцієнт потужності	Активна потужність	Реактивна потужність	Повна потужність	Втрата Потужності
I_2	I_1	$\cos \varphi$	P	Q	S	ΔP
A	A	-	Вт	вар	ВА	Вт

1.Потенціометр RP1 встановити в початкове положення " I поч", при якому забезпечується початкове значення струму в обмотці ротора, необхідне для входження двигуна в синхронний режим.

2.Ввімкнути вимикачі QF1, QF2, Q1, натиснути кнопку SB1

"Пуск".

3.Після появи струму ротора по амперметру PA2,потенціометром RP1 встановити по фазометру Pф1 коефіцієнт потужності $\cos\varphi=0,8$ /індуктивний/ і записати значення струмів ротора і статора по амперметрам

4.Повторити дослід для інших значень коефіцієнтів потужності в послідовності 0,8; 0,9 /індуктивний/; 1,0; 0,9; 0,8 /ємнісний/.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Пояснити функціональне призначення в схемі керування двигуном реле ковзання.

2. Пояснити форму графіка залежності струму статора від струму ротора.

3. Які переваги і недоліки асинхронного двигуна перед конденсаторами при генерації реактивної потужності?

4. Чому при обривах в колі обмоток збудження двигун зупиняється?

5. Чому двигун не переходить в режим синхронного при подачі постійного струму в обмотки нерухомого ротора?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1980.
2. Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление электроприводами. – М.: Высшая школа, 1979.
3. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Яуре А.Г., Певзнер Е.М. Крановое электрооборудование. Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1989

ЗМІСТ

Загальні положення	3
Характеристика електроприводів вантажотransпортних машин	4
Лабораторна робота №1. Дослідження електромеханічних характеристик асинхронного електроприводу механізму підйому вантажопідйомного крану.	7
Лабораторна робота №2 Дослідження електромеханічних характеристик асинхронного електроприводу механізму пересування вантажопідйомного крану	18
Лабораторна робота № 3 Дослідження електромеханічних характеристик електроприводу постійного струму механізму пересування вантажопідйомного крану	30
Характеристика автоматизованих електроприводів	46
Лабораторна робота № 4 Дослідження електромеханічних характеристик електроприводу за системою “Електромеханічний підсилювач - двигун постійного струму	50
Лабораторна робота № 5 Дослідження електромеханічних характеристик електроприводу за системою “Нереверсивний тиристорний випрямляч - двигун постійного струму .	65
Лабораторна робота №6 Дослідження електромеханічних характеристик електроприводу за системою “Реверсивний тиристорний випрямляч - двигун постійного струму” . .	78
Лабораторна робота №7 Дослідження синхронізованого асинхронного електроприводу	84
Список літератури	92

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни
“Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів”
(для студентів 4 курсу всіх форм навчання спеціальностей: 7.092201-
“Електротехнічні системи та комплекси транспортних засобів”; 7.092203 –
“Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”)

Укладачі:

Володимир Павлович Андрійченко,
Юрій Сергійович Калініченко,
Віктор Миколайович Фатєєв

Редактор: М.З. Аляб'єв

План 2007, поз. 587

Підп. до друку 18.09.2007	Формат 60×84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі	Умовн.– друк. арк. 4,5	Обл. - вид. арк. 5,0
Тираж 100 прим.	Замовл. №	
61002, Харків, вул. Революції, 12		

61002, Харків, вул. Революції, 12
Сектор оперативної поліграфії ІОЦ ХНАМГ